

# ***Índice General del Proyecto.***

**PFC: Electrificación de un Polígono Residencial.**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.**

**Catalina Flores Mula.**

**INDICE GENERAL DEL DOCUMENTO.**

**ÍNDICE DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA.**

**1. MEMORIA DESCRIPTIVA. --... 4**

---

**1.1. Objeto del proyecto. --... 4**

**1.2. Titulares de la instalación: al inicio y al final. --... 5**

**1.3. Usuarios de la instalación. --... 6**

**1.4. Emplazamiento de la instalación. --... 6**

**1.5. Legislación y normativa aplicable. --... 6**

**1.6. Descripción genérica de las instalaciones, uso y potencia.--...  
8**

**1.6.1. Red de Baja Tensión. --... 8**

**1.6.2. Red de Media Tensión. --... 9**

**1.6.2.1. Potencia máxima a transportar y criterios de cálculo. --...  
9**

**1.6.3. Centros de Transformación. --... 9**

**1.6.3.1. Programa de necesidades y potencia instalada en kVA. --  
... 10**

**1.7. Plazo de ejecución de las instalaciones. --... 13**

**1.8. Descripción de las instalaciones. --... 13**

---

**1.8.1. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE BAJA TENSIÓN. --... 13**

---

**1.8.1.1. Trazado. --... 13**

**1.8.1.1.1. Longitud.--... 14**

---

**1.8.1.1.2. Inicio y final de la línea. --- 14**

**1.8.1.1.3. Cruzamientos, paralelismos, etc. --- 14**

**1.8.1.1.4. Relación de propietarios afectados con dirección y D.N.I. --- 17**

**1.8.1.2. Puesta a Tierra y continuidad del neutro. --- 17**

---

## **1.8.2. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN. --- 17**

---

**1.8.2.1. Trazado. --- 17**

**1.8.2.1.1. Puntos de entronque y final de línea. --- 18**

**1.8.2.1.2. Longitud. --- 18**

**1.8.2.1.3. Términos municipales afectados. --- 18**

**1.8.2.1.4. Relación de cruzamientos, paralelismos, etc. --- 18**

**1.8.2.1.5. Relación de propietarios afectados con dirección y D.N.I. ---21**

**1.8.2.2. Materiales. --- 21**

**1.8.2.2.1. Conductores. --- 21**

**1.8.2.2.2. Aislamiento. ---22**

**1.8.2.2.3. Accesorios. --- 22**

**1.8.2.2.4. Protecciones eléctricas de principio y fin de línea. --- 23**

**1.8.2.3. Zanjas y sistema de enterramiento. --- 23**

**1.8.2.3.1. Medidas de señalización y seguridad. --- 24**

**1.8.2.4. Puesta a Tierra. --- 24**

---

## **1.8.3. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN. --- 24**

---

**1.8.3.1. Generalidades.- ... 25**

**1.8.3.1.1. EDIFICIO DE TRANSFORMACIÓN: PFU-5/20. --- 25**

---

---

<b>1.8.3.1.1.1. Características de los materiales. --... 26</b>	
<b>1.8.3.1.1.2. Características detalladas PFU-5/20. --... 28</b>	
<b>1.8.3.1.1.3. Instalación Eléctrica. --... 29</b>	
<b>1.8.3.1.1.4. Características de la Aparamenta de Media Tensión. - -... 29</b>	
<b>1.8.3.1.1.5. Características Descriptivas de Aparamenta MT y Trafos. --...31</b>	
<b>1.8.3.1.1.6. Características Descriptivas de Cuadros de Baja Tensión. --... 34</b>	
<b>1.8.3.1.1.7. Características del material de Media Tensión y Baja Tensión. --... 35</b>	
<b>1.8.3.1.1.8. Medida de la energía eléctrica. --... 36</b>	
<b>1.8.3.1.1.9. Unidades de protección, automatismo y control. ---- 36</b>	
<b>1.8.3.1.1.10. Puesta a Tierra. --... 36</b>	
<b>1.8.3.1.1.11. Instalaciones secundarias. ---- 37</b>	
<b>1.8.3.1.2. EDIFICIO DE TRANSFORMACIÓN: mini-BLOK-24 --... 38</b>	
<b>1.8.3.1.2.1 Características de los Materiales. --... 38</b>	
<b>1.8.3.1.2.2. Instalación eléctrica. --... 39</b>	
<b>1.8.3.1.2.3. Características de la Aparamenta de Media Tensión. - -... 40</b>	
<b>1.8.3.1.2.4. Características Descriptivas Aparamenta MT y Transformadores. ----42</b>	
<b>1.8.3.1.2.5. Características Descriptivas de Cuadros de Baja Tensión. --... 43</b>	
<b>1.8.3.1.2.6. Características del material de Media Tensión y Baja Tensión. --... 44</b>	
<b>1.8.3.1.2.7. Medida de la energía eléctrica.--45</b>	
<b>1.8.3.1.2.8. Unidades de protección, automatismo y control. ---- 45</b>	
<b>1.8.3.1.2.9. Puesta a Tierra. --... 45</b>	

---



---

**1.8.3.1.2.10. Instalaciones secundarias. --... 46**

---

**ÍNDICE DE LOS CÁLCULOS ELÉCTRICOS JUSTIFICATIVOS.**

**2. CÁLCULOS ELÉCTRICOS JUSTIFICATIVOS.--... 11**

---

**2.1. Programa de necesidades y potencia instalada en kVA. --... 11**

---

**CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA RED SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN.--  
...16**

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 1: ANILLO 1. --... 16**

---

**2.2. Potencias conectadas en el ANILLO 1 del CT 1 (7 CARGAS). --  
... 16**

**2.2.1. Determinación del punto de mínima tensión. --... 17**

**2.2.2. RAMA 1 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CT1 hasta CGP7 (3  
CARGAS). --... 18**

**2.2.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de  
protección. -- 18**

**2.2.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por  
criterio de calentamiento. --...21**

**2.2.3. RAMA 2 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CT1 hasta CGP9 (4  
CARGAS). --... 27**

**2.2.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de  
protección. --27**

**2.2.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por  
criterio de calentamiento. --... 31**

**2.2.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2. --... 37**

---

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 1: ANILLO 2. --...39**

---

**2.3. Potencias conectadas en el ANILLO 1 del CT 1 (7 CARGAS).  
--... 39**

---

**2.3.1. Determinación del punto de mínima tensión. --- 41**

**2.3.2. RAMA 1 del ANILLO 2  $\infty$  va desde CT2 hasta CGP14 (4 CARGAS). --- 42**

**2.3.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. --46**

**2.3.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 49**

**2.3.3. RAMA 2 del ANILLO 2  $\infty$  va desde CT2 hasta CGP15 (4 CARGAS). --- 52**

**2.3.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. -- 52**

**2.3.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 55**

**2.3.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2. --- 62**

---

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2: ANILLO 1. --- 65**

---

**2.4. Potencias conectadas en el ANILLO 1 del CT 2 (7 CARGAS). - --- 65**

**2.4.1. Determinación del punto de mínima tensión. ---67**

**2.4.2. RAMA 1 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CT2 hasta CGP9 (4 CARGAS). ---68**

**2.4.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. --68**

**2.4.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 72**

**2.4.3. RAMA 2 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CT2 hasta CGP7 (3 CARGAS) --- 78**

**2.4.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. --.78**

**2.4.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. ---81**

**4.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2. ---88**

---

---

## **CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2: ANILLO 2. ---90**

---

**2.5. Potencias conectadas en el ANILLO 1 del CT 2 (12 CARGAS).  
---90**

**2.5.1. Determinación del punto de mínima tensión. ---92**

**2.5.2. RAMA 1 del ANILLO 2  $\infty$  va desde CT2 hasta CGP14 (7 CARGAS) ---93**

**2.5.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. ---93**

**2.5.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. ---97**

**2.5.3. RAMA 2 del ANILLO 2  $\infty$  va desde CT1 hasta CGP13 (5 CARGAS) ---104**

**2.5.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. ---104**

**2.5.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. ---108**

**2.5.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2. ---114**

---

## **CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 3: ANILLO 1. --- 115**

---

**2.6. Potencias conectadas en el ANILLO 1 del CT 3 (17 CARGAS).  
--- 116**

**2.6.1. Determinación del punto de mínima tensión. --- 118**

**2.6.2. RAMA 1 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CT3 hasta CGP9 (9 CARGAS). ---1 19**

**2.6.2.1. Determinación de sección del conductor y del fusible de protección. ---119**

**2.6.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. ---124**

**2.6.3. RAMA 2 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CT3 hasta CGP10 (8 CARGAS). --- 13**

**2.6.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. ---131**

---

**2.6.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 135**

**2.6.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2. --- 141**

---

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 3: ANILLO 2 --- 143**

---

**2.7. Potencias conectadas en el ANILLO 2 del CT 3 (16 CARGAS). --- 143**

**2.7.1. Determinación del punto de mínima tensión. --- 145**

**2.7.2. RAMA 1 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CT3 hasta CGP23 (7 CARGAS). --- 146**

**2.7.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección ---146**

**2.7.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 150**

**2.7.3. RAMA 2 del ANILLO 2  $\infty$  va desde CT3 hasta CGP10 (9 CARGAS). --- 157**

**2.6.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. --- 157**

**2.7.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 161**

**2.7.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2. --- 168**

---

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 4: ANILLO 1 --- 170**

---

**2.8. Potencias conectadas en el ANILLO 1 del CT 4 (19 CARGAS). --- 170**

**2.8.1. Determinación del punto de mínima tensión. --- 172**

**2.8.2. RAMA 1 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CT4 hasta CGP9 (8 CARGAS). --- 173**

**2.8.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. --- 173**

**2.8.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 177**

---

**2.8.3. RAMA 2 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CT4 hasta CGP35 (11 CARGAS). --... 183**

**2.8.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. --... 183**

**2.8.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --... 188**

**2.8.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2. --... 195**

---

#### **CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 4: ANILLO 2 --... 197**

---

**2.9. Potencias conectadas en el ANILLO 2 del CT 4 (17 CARGAS). --... 197**

**2.9.1. Determinación del punto de mínima tensión. --... 199**

**2.9.2. RAMA 1 del ANILLO 2  $\infty$  va desde CT4 hasta CGP18 (7 CARGAS). --... 200**

**2.9.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. --...200**

**2.9.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --... 204**

**2.9.3. RAMA 2 del ANILLO 2  $\infty$  va desde CT4 hasta CGP31 (10 CARGAS). --... 210**

**2.9.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. --...210**

**2.9.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --... 215**

**2.9.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2. --... 221**

---

#### **CENTRO DE REPARTO: ANILLO 1. --... 224**

---

**2.10. Potencias conectadas en el ANILLO 1 del CR (5 CARGAS). -  
-... 224**

**2.10.1. Determinación del punto de mínima tensión. --... 225**

**2.10.2. RAMA 1 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CR hasta CGP3 (2 CARGAS). --... 226**

---

**2.10.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. ---226**

**2.10.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 229**

**2.10.3. RAMA 2 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CR hasta CM (3 CARGAS). --- 235**

**2.10.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. --- 235**

**2.10.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 238**

**2.10.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2. --- 244**

---

**CENTRO DE REPARTO: ANILLO 2 --- 246**

---

**2.11. Potencias conectadas en el ANILLO 2 del CR (2 CARGAS). -  
--- 246**

**2.11.1. Determinación del punto de mínima tensión. --- 247**

**2.11.2. RAMA 1 del ANILLO 2  $\infty$  va desde CR hasta CGP5 (1 CARGA). --- 248**

**2.11.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. --- 248**

**2.11.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 251**

**2.11.3. RAMA 2 del ANILLO 2  $\infty$  va desde CR hasta CM (1 CARGA). --- 257**

**2.11.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. --- 257**

**2.11.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 260**

**2.11.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2. --- 266**

**2.12. Tabla con el resumen de todos los cálculos pertenecientes a Baja Tensión. ---268**

---

**CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN.--  
...269**

---

---

## **2.12. LSMT ACOMETIDA – CENTRO DE REPARTO. --- 269**

---

### **2.12.1. Criterios para la determinación de la sección. --- 270**

#### **2.12.1.1. Criterio de la sección por intensidad máxima admisible. --- 270**

#### **2.12.1.2. Criterio de caída de tensión. --- 273**

#### **2.12.1.3. Criterio de Intensidad máxima admisible en cortocircuito en los conductores. --- 275**

### **2.12.2. Otras características eléctricas. --- 278**

#### **2.12.2.1. Capacidad de transporte de la línea. --- 278**

#### **2.12.2.2. Potencia máxima de transporte. --- 278**

#### **2.12.2.3. Intensidad de cortocircuito admisible en las pantallas. - --- 278**

#### **2.12.4. Tablas resultado de cálculos. --- 279**

---

## **2.13. LSMT CENTRO DE REPARTO–CT ABONADO. --- 280**

---

### **2.13.1. Criterios para la determinación de la sección. --- 281**

#### **2.13.1.1. Criterio de la sección por intensidad máxima admisible. --- 281**

#### **2.13.1.2. Criterio de caída de tensión. --- 284**

#### **2.13.1.3. Criterio de Intensidad máxima admisible en cortocircuito en los conductores. --- 285**

### **2.13.2. Otras características eléctricas. --- 288**

#### **2.13.2.1. Capacidad de transporte de la línea. --- 288**

#### **2.13.2.2. Potencia máxima de transporte. --- 288**

#### **2.13.2.3. Intensidad de cortocircuito admisible en las pantallas. - --- 288**

#### **2.13.4. Tablas resultado de cálculos. --- 290**

---

## **CÁLCULO DEL ANILLO DE MEDIA TENSIÓN. ---291**

---



**2.14. Potencias conectadas en el ANILLO de MEDIA TENSIÓN (5 CARGAS).--...291**

**2.14.1. Determinación de la sección de conductores.--...292**

**2.14.2.1. Criterio de la sección por intensidad máxima admisible.--...292**

**2.14.2.2. Cálculo de la caída de tensión de la línea.--...295**

**2.14.2.2.1. Tramo 1 del anillo de Media Tensión.--...301**

**2.14.2.2.2. Tramo 2 del anillo de Media Tensión. --...302**

**2.14.2.2.3. Caídas de tensión del anillo por tramos.--...303**

**2.14.2.3. Criterio de Intensidad máxima admisible en cortocircuito en los conductores.--...305**

**2.14.3. Otras características eléctricas. --...308**

**2.14.3.1. Capacidad de transporte de la línea.--...308**

**2.14.3.2. Potencia máxima de transporte por tramos. --...308**

**2.14.4. Tablas resultado de cálculos. --...309**

---

**CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.--...310**

**2.15. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PFU-5/20 (CR).--...310**

---

**2.15.1. Intensidad de Media Tensión.--...310**

**2.15.2. Intensidad de Baja Tensión.--...310**

**2.15.3. Cortocircuitos. --...311**

**2.15.3.1. Observaciones.--...311**

**2.15.3.2. Cálculo de las intensidades de cortocircuito.--...311**

**2.15.3.2.1. Cortocircuito en el lado de Media Tensión. --...311**

**2.15.3.2.2. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.--...312**

**2.15.4. Selección de fusibles de media y baja tensión. --...312**

**2.15.5. Dimensionado del embarrado.--...312**

---

- 2.15.5.1. Comprobación por densidad de corriente. ---312**
- 2.15.5.2. Comprobación por solicitud electrodinámica.---312**
- 2.15.5.3. Comprobación por solicitud térmica.---313**
- 2.15.6 Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.---313**
- 2.15.7 Dimensionado de los puentes de MT.---314**
- 2.15.8. Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación.---314**
- 2.15.9 Dimensionado del pozo apagafuegos.---314**
- 2.15.10 Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra.---315**
  - 2.15.10.1. Investigación de las características del suelo. ---315**
  - 2.15.10.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.---315**
  - 2.15.10.3. Diseño preliminar de la instalación de tierra.--- 315**
  - 2.15.10.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra. ---316**
  - 2.15.10.5. Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación.---... 318**
  - 2.15.10.6. Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.---319**
  - 2.15.10.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.---319**
  - 2.15.10.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.---320**
  - 2.15.10.9. Corrección y ajuste del diseño inicial.---321**

---

## **2.16. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN mini-BLOK\_24.---322**

---

- 2.16.1. Intensidad de Media Tensión.---322**
  - 2.16.2. Intensidad de Baja Tensión. ---322**
    - 2.16.2.1. Cortocircuitos.---323**
  - 2.16.3. Observaciones. ---323**
-

---

<b>2.16.3.1. Cálculo de las intensidades de cortocircuito. ---</b>	<b>323</b>
<b>2.16.3.2. Cortocircuito en el lado de Media Tensión. ---</b>	<b>324</b>
<b>2.16.3.2.1. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión. ---</b>	<b>324</b>
<b>2.16.3.2.2. Dimensionado del embarrado.---</b>	<b>324</b>
<b>2.16.4 Comprobación por densidad de corriente. ---</b>	<b>324</b>
<b>2.16.4.1. Comprobación por sollicitación electrodinámica. ---</b>	<b>324</b>
<b>2.16.4.2. Comprobación por sollicitación térmica. ---</b>	<b>325</b>
<b>2.16.4.3. Protección contra sobrecargas y cortocircuitos. ---</b>	<b>325</b>
<b>2.16.5. Dimensionado de los puentes de MT.---</b>	<b>326</b>
<b>2.16.6. Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación. ---</b>	<b>326</b>
<b>2.16.7. Dimensionado del pozo apagafuegos. ---</b>	<b>327</b>
<b>2.16.8. Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra. ---</b>	<b>327</b>
<b>2.16.9. Investigación de las características del suelo. 327</b>	
<b>2.16.9.1. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto. ---</b>	<b>327</b>
<b>2.16.9.2. Diseño preliminar de la instalación de tierra.---</b>	<b>327</b>
<b>2.16.9.3. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra. ---</b>	<b>328</b>
<b>2.16.9.4. Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación.---</b>	<b>330</b>
<b>2.16.9.5 Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.---</b>	<b>331</b>
<b>2.16.9.6 Cálculo de las tensiones aplicadas.---</b>	<b>331</b>
<b>2.16.9.7. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.---</b>	<b>332</b>
<b>2.16.9.8. Corrección y ajuste del diseño inicial.---</b>	<b>334</b>

---

**ÍNDICE DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.**

**3. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.--...4**

**3.1. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LINEAS DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN.--... 4**

**3.1.1. Objeto.--....4**

**3.1.2. Campo de aplicación.--...4**

**3.1.3. Normativa aplicable.--... 5**

**3.1.3.1 Normas oficiales.--... 5**

**3.1.3.2 Normas Iberdrola.--... 5**

**3.1.4. Metodología y desarrollo del estudio.--...6**

**3.1.4.1. Aspectos generales.--... 6**

**3.1.4.2. Identificación de riesgos.--...6**

**3.1.4.3. Medidas de prevención necesarias para evitar riesgos.--...6**

**3.1.4.4. Protecciones.--... 7**

**3.1.4.5. Características generales de la obra. --...8**

**3.1.5. Identificación de riesgos.--8**

**3.1.5.1. Riesgos más frecuentes en las obras de construcción.--8**

**3.1.5.2. Medidas preventivas de carácter general.--...10**

**3.1.5.3. Medidas preventivas de carácter particular para cada oficio.--12**

**3.1.5.3.1. Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.--...12**

**3.1.5.3.2. Relleno de tierras.--...13**

**3.1.5.3.3. Encofrados.--...14**

**3.1.5.3.4. Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.--  
...14**

**3.1.5.3.5. Trabajos de manipulación del hormigón.--...14**

**3.1.5.3.6. Instalación eléctrica provisional de obra.--...15**

**3.1.5.4. Medidas preventivas paa línea subterránea de media y  
baja tensión.--...17**

**3.1.5.4.1. Transporte y acopio de materiales.--...18**

**3.1.5.4.2. Movimiento de tierras, apertura de zanjas y reposición  
pavimento.--...19**

**3.1.5.4.3. Cercanía a las líneas de Alta y Media Tensión.--...20**

**3.1.5.4.4. Tendido, empalme y terminales de conductores  
subterráneos.--...21**

**3.1.5.4.5. Riesgos laborales no eliminables completamente.--  
...21**

**3.1.6. Conclusión.--... 23**

**3.1.7 Anexos. --...23**

**ANEXO 1. PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE LAS  
INSTALACIONES. --... 24**

**ANEXO 2. LÍNEAS SUBTERRÁNEAS. --... 25**

**ANEXO 3. INSTALACIÓN/RETIRADA DE EQUIPOS DE MEDIDA EN  
BAJA TENSIÓN/ SIN TENSIÓN. --... 27**

**ANEXO 4. INSTALACIONES DE TELECOMUNICACIONES  
ASOCIADAS A LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS  
SUBTERRÁNEAS. --...29**

**ANEXO 5. TRABAJOS EN TENSIÓN. --... 31**

---

**3.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD PARA CENTROS DE  
TRANSFORMACIÓN COMPACTOS Y PREFABRICADOS. --...39**

---

**3.2.1. Objeto. --... 39**

**3.2.2. Características de la obra. --...39**

**3.2.2.1 Suministro de energía eléctrica. --...39**

---

---

<b>3.2.2.2. Suministro de agua potable. ---</b>	<b>40</b>
<b>3.2.2.3. Vertido de aguas sucias de los servicios higiénicos. ---</b>	<b>40</b>
<b>3.2.2.4 Interferencias y servicios afectados. -... </b>	<b>40</b>
<b>3.2.3 Memoria. ---</b>	<b>40</b>
<b>3.2.3.1. Obra civil. ---</b>	<b>40</b>
<b>3.2.3.1 1. Movimientos de tierras y cimentaciones. ---</b>	<b>41</b>
<b>3.2.3.1.2. Estructura. ---</b>	<b>41</b>
<b>3.2.3.1.3. Cerramientos. ---</b>	<b>42</b>
<b>3.2.3.1.4. Albañilería. --</b>	<b>43</b>
<b>3.2.3.2. Montaje. --</b>	<b>43</b>
<b>3.2.3.2.1. Colocación de soportes y embarrado. ---</b>	<b>44</b>
<b>3.2.3.2.2. Montaje de celdas prefabricadas o aparamenta, transformadores prefabricados o aparamenta. ---</b>	<b>44</b>
<b>3.2.3.2.3. Operaciones de puesta en tensión. -... </b>	<b>45</b>
<b>3.2.4. Aspectos generales. ---</b>	<b>46</b>
<b>3.2.4.1. Botiquín de obra. ---</b>	<b>46</b>
<b>3.2.5. Normativa aplicable. ---</b>	<b>46</b>
<b>3.2.5.1. Normas oficiales. ---</b>	<b>46</b>
<b>3.2.6. Anexos. ---</b>	<b>46</b>
<b>ANEXO 1. PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE LAS INSTALACIONES. ---</b>	<b>47</b>
<b>ANEXO 2. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN. ---</b>	<b>48</b>
<b>ANEXO 2. BIS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN. ---</b>	<b>50</b>
<b>ANEXO 3. SUBESTACIONES TRANSFORMADORAS DE DISTRIBUCIÓN. ---</b>	<b>52</b>
<b>ANEXO 4. TRABAJOS EN TENSIÓN. ---</b>	<b>54</b>

---

## **ÍNDICE DEL PLAN DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS.**

### **4. PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS. --- 3**

---

#### **4.1 Identificación de los residuos (según OMAM/304/2002). --- 3**

##### **4.1.1. Generalidades. --- 3**

##### **4.1.2. Definiciones. --- 4**

##### **4.1.3. Clasificación y descripción de los residuos. --- 6**

##### **4.1.3.1. RCDs de Nivel I. --- 6**

##### **4.1.3.2. RCDs de Nivel II. --- 6**

---

### **4.2. MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE RESIDUOS. --- 7**

---

#### **4.2.1. Prevención en Tareas de Derribo. --- 7**

#### **4.2.2. Prevención en la Adquisición de Materiales. --- 7**

#### **4.2.3. Prevención en la Puesta en Obra. --- 8**

#### **4.2.4. Prevención en el Almacenamiento en Obra. --- 8**

---

### **4.3. CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION. --- 8**

---

#### **4.3.1. Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos. --- 9**

#### **4.3.2. Madera. Vidrio y plástico. --- 9**

#### **4.3.3. Mezclas bituminosas, alquitrán de hulla y otros productos alquitranados. --- 9**

#### **4.3.4. Metales (incluidas sus aleaciones). --- 10**

---

**4.3.5. Tierra (incluida excavada de zonas contaminadas), piedras y lodos de drenaje. --- 10**

**4.3.6. Materiales de aislamiento y materiales de construcción contienen amianto. --- 10**

**4.3.7. Materiales de construcción a partir del yeso. --- 11**

**4.3.8. Otros residuos de construcción y demolición. --- 11**

---

#### **4.4. IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCION. --- 11**

---

**4.5. Estimación de la cantidad de RCD´s. --- 13**

**4.6. Estimación del coste de tratamiento de los RCD´s. --- 15**

**4.7. Medidas para la Separación en Obra. --- 17**

**4.8. Medidas de segregación "in situ". --- 18**

**4.9. Previsión de reutilización en la misma obra u otros emplazamientos. --- 18**

**4.10. Operaciones de valorización "in situ". --- 18**

**4.11. Destino previsto para los residuos. --- 18**

**4.12. Pictogramas de Peligro. --- 20**

---



**ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES.**

**5. PLIEGO DE CONDICIONES. --- 5**

---

**5.1. Condiciones generales. --- 5**

**5.1.1 Alcance. --- 5**

**5.1.2. Reglamentos y normas. ---5**

**5.1.3. Disposiciones generales. --- 5**

**5.1.4. Ejecución de las obras. --- 6**

**5.1.4.1. Comienzo. --- 6**

**5.1.4.2. Ejecución. --- 6**

**5.1.4.3. Libro de órdenes. --- 6**

**5.1.5. Interpretación y desarrollo del proyecto. --- 6**

**5.1.6. Obras complementarias. --- 7**

**5.1.7. Modificaciones. --- 7**

**5.1.8. Obra defectuosa. --- 7**

**5.1.9. Medios auxiliares. --- 7**

**5.1.10. Conservación de obras. --- 8**

**5.1.11. Recepción de las obras. --- 8**

**5.1.11.1. Recepción provisional. --- 8**

**5.1.11.2. Plazo de garantía. --- 8**

**5.1.11.3. Recepción definitiva. --- 8**

**5.1.12. Contratación de la empresa. --- 8**

**5.1.12.1. Modo de contratación. --- 8**

**5.1.12.2. Presentación. --- 9**

---

**5.1.12.3. Selección. --- 9**

**5.1.13. Fianza. --- 9**

**5.1.14. Condiciones económicas. --- 9**

**5.1.14.1. Abono de la obra. --- 9**

**5.1.14.2. Precios. --- 9**

**5.1.14.3. Revisión de precios. --- 10**

**5.1.14.4. Penalizaciones. --- 10**

**5.1.14.5. Contrato. --- 10**

**5.1.14.6. Responsabilidades. --- 10**

**5.1.14.7. Rescisión del contrato. --- 11**

**5.1.14.8. Liquidación. --- 11**

**5.1.15. Condiciones facultativas. --- 11.**

**5.1.15.1. Normas a seguir. --- 11**

**5.1.15.2. Personal. --- 12**

---

## **5.2. PLIEGO DE CONDICIONES DE LA RED DE BAJA TENSIÓN. --- 13**

---

**5.2.1. Calidad de los materiales. Condiciones y ejecución. --- 13**

**5.2.1.1. Conductores: Tendido, empalmes, terminales, cruces y protecciones. --- 13**

**5.2.1.1.1. Tendido de los cables. --- 15**

**5.2.1.1.2. Protección mecánica y de sobreintensidad. --- 16**

**5.2.1.1.3. Señalización. --- 17**

**5.2.1.1.4. Empalmes y terminales. --- 17**

**5.2.1.1.5. Cajas generales de protección (CGP). --- 18**

**5.2.1.1.6. Cajas generales de protección y medida (CPM). --- 20**

**5.2.1.1.7. Armarios de distribución. --- 20**

---

**5.2.1.2. Accesorios. --... 21**

**5.2.1.3. Medidas eléctricas. --... 21**

**5.2.1.4. Obra civil. --... 21**

**5.2.1.5. Zanjas: Ejecución, tendido, cruzamientos, señalización y acabado. --... 21**

**5.2.2. Normas generales para la ejecución de las instalaciones. -  
-... 23**

**5.2.3. Revisiones y pruebas reglamentarias al finalizar la obra. -  
-... 24**

**5.2.4. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad. --... 25**

**5.2.5. Revisiones, inspecciones y pruebas periódicas  
reglamentarias a efectuar por parte de instaladores, de  
mantenedores y/o organismos de control. --... 26**

---

**5.3. PLIEGO DE CONDICIONES DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN. --... 27**

---

**5.3.1. Calidad de los materiales. Condiciones y ejecución. --... 27**

**5.3.1.1. Conductores: Tendido, empalmes, terminales, cruces y  
protecciones. --... 27**

**5.3.1.1.1. Tendido de los cables. --... 28**

**5.3.1.1.1.1. Manejo y preparación de bobinas. --... 28**

**5.3.1.1.1.2. Tendido de cables en zanja. --... 29**

**5.3.1.1.1.3. Tendido de los cables en tubulares. --... 31**

**5.3.1.1.2. Empalmes. --... 31**

**5.3.1.1.3. Terminales. --... 32**

**5.3.1.1.4. Transporte de bobinas de cables. --... 32**

**5.3.1.2. Accesorios. --... 32**

**5.3.1.3. Obra civil. --... 32**

**5.3.1.4. Zanjas: Ejecución, tendido, cruzamientos, paralelismos,  
señalización y acabado. --...33**

---

**5.3.2. Normas generales para la ejecución de las instalaciones. --  
... 34**

---

**5.4. PLIEGO DE CONDICIONES DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN. --  
... 37**

---

**5.4.1. Calidades de los materiales. --... 37**

**5.4.1.1. Obra civil. --... 37**

**5.4.1.2. Aparamenta de Media Tensión. --... 37**

**5.4.1.3. Transformadores. --... 38**

**5.4.1.4. Equipos de medida. --... 38**

**5.4.2. Normas de ejecución de las instalaciones. --... 39**

**5.4.3 Revisiones y pruebas reglamentarias al finalizar la obra. --  
... 39**

**5.4.4. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad. --... 39**

**5.4.5. Certificados y documentación. --... 40**

**5.4.6. Libro de órdenes. --... 40**

---

**5.5. PLIEGO DE CONDICIONES ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.  
--... 41**

---

**5.5.1. Legislación y normas aplicables. --... 41**

**5.5.2. Obligaciones de las diversas partes intervinientes en la  
obra. --... 44**

**5.5.3. Servicios de prevención. --... 46**

**5.5.4. Instalaciones y servicios de higiene y bienestar de los  
trabajadores. --... 47**

**5.5.5. Condiciones a cumplir por los equipos de protección  
personal . --... 47**

**5.5.6. Condiciones de las protecciones colectivas. --... 48**

---

---

**5.6. PLIEGO DE CONDICIONES PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS --... 52**

---

**5.6.1. Obligaciones Agentes Intervinientes. --... 52**

**5.6.2. Gestión de Residuos. --... 53**

**5.6.3. Derribo y Demolición. --... 53**

**5.6.4. Separación. --... 54**

**5.6.5. Documentación. --... 54**

**5.6.6. Normativa. --... 54**

---

## ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

### 6. PRESUPUESTO---6

#### 6.1. PRESUPUESTO PARCIAL ZANJAS LÍNEA SUBTERRÁNEA DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN. ---6

6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T. -  
---6

6.1.1.1. Caso 1 (CT1) → 4 B.T.+1 M.T. ---6

6.1.1.2. Caso 3 (CT1) → 1 B.T. ---7

6.1.1.3. Caso 4 (CT1) → 2 B.T.+1 M.T. ---8

6.1.1.4. Caso 1(CT2) → 2 B.T.+1 M.T. ---9

6.1.1.5. Caso 3 (CT2) → 1 B.T.+2 M.T. ---10

6.1.1.6. Caso 4 (CT2) → 1 B.T.+1 M.T. ---11

6.1.1.7. Caso 5 (CT2) → 2 B.T.+1 M.T. ---12

6.1.1.8. Caso 1 (CT3) → 1 B.T. ---13

6.1.1.9. Caso 2 (CT3) → 1 B.T.+2M.T. ---14

6.1.1.10. Caso 4 (CT3) → 3 B.T.+2 M.T. ---15

6.1.1.11. Caso 5 (CT3) → 1 B.T.+ 2M.T. ---16

6.1.1.12. Caso 6 (CT3) → 1 B.T. ---17

6.1.1.13. Caso 1 (CT4) → 1 B.T.+1 M.T. ---18

6.1.1.14. Caso 4-6-7 (CT4) → 1 B.T. ---19

6.1.1.15. Caso 9 (CT4) → 3 B.T. ---20

6.1.1.16. Caso 10 (CT4) → 3 B.T.+1 M.T. ---21

6.1.1.17. Caso 1 (CR) → 2 B.T. ---22

6.1.1.18. Caso 2(CR) → 2 B.T.+3 M.T. ---23

**6.1.1.19. Caso 3 (CR) → 2 B.T.+1 M.T. ----24**

**6.1.1.20. Caso 4 (CR) → 1 M.T. ----25**

**6.1.2. Zanja bajo ASFALTO (cruzamiento), según el proyecto tipo de L.S.B.T. ----26**

**6.1.2.1. Caso 2 (CT1) → 2 B.T. ----26**

**6.1.2.2. Caso 2 (CT2) → 2 B.T.+1 M.T. ----27**

**6.1.2.3. Caso 3 (CT3) → 2 B.T.+2 M.T. ----28**

**6.1.2.4. Caso 3 (CT3) → 2 B.T.+2 M.T. ----29**

**6.1.2.5. Caso 2 (CT4) → 2 B.T.+1 M.T. ----30**

**6.1.2.6. Caso 3 (CT4) → 1 M.T. ----31**

**6.1.2.7. Caso 5 (CT4) → 2 M.T. ----32**

**6.1.2.8. Caso 8 (CT4) → 2 B.T. ----33**

**6.1.2.9. Caso X (CT1-3) → 2 M.T. ----34**

**6.1.2.10. Caso X (CR-CT4) → 1M.T. ----35**

**6.1.2.11. Caso X (CT3-CR) → 2 M.T. ----36**

**6.1.3. PRESUPUESTO TOTAL DE LAS ZANJAS PARA BAJA Y MEDIA TENSIÓN. ----37**

---

## **6.2. PRESUPUESTO PARCIAL DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN. ----38**

---

**6.2.1. Cableado de la Línea Subterránea de Baja Tensión. ----38**

**6.2.1.1. Cable xz1(s) 0,6/1 kV 3(1x240)+1x150 mm<sup>2</sup> Al. ----38**

**6.2.1.2. Cable xz1(s) 0,6/1 kV 3(1x150)+1x95 mm<sup>2</sup> Al. ----39**

**6.2.2. PRESUPUESTO UNITARIO DE LAS INSTALACIONES DE ENLACE. ----40**

**6.2.2.1. Caja General de Protección (CGP). ----40**

**6.2.2.2. Caja de Protección y Medida (CPM). ----41**

**6.2.2.2.1. Caja de Protección y Medida (CPM) (1abonado). ----41**

---

**6.2.2.2.2. Caja de Protección y Medida (CPM) (2abonados). --  
...42**

**6.2.2.3. Cuadro Modular con Envolvente para Baja Tensión. --  
...43**

**6.2.3. PRESUPUESTO TOTAL DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE  
BAJA TENSIÓN. --...44**

---

**6.3. PRESUPUESTO PARCIAL DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA  
TENSIÓN. --...45**

---

**6.3.1. Cableado de la Línea Subterránea de Media Tensión. --  
...45**

**3.6.1.1. Cable HEPRZ1 12/20 KV 3(1X150) mm2 Al. --...45**

**6.3.2. OTROS: LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN. --...46**

**6.3.2.1. Juego (3) Terminales Pasatapas 400 (A) atornillados. --  
...46**

**6.3.2.2. Medición de Radar para la comprobación de cables. --  
...47**

**6.3.3. PRESUPUESTO TOTAL DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE  
MEDIA TENSIÓN. --...48**

---

**6.4. PRESUPUESTO UNITARIO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN  
PREFABRICADO PFU-5/20. --...49**

---

**6.4.1. Obra civil del Edificio prefabricado compacto. --...49**

**6.4.2. Equipo de Media Tensión para Edificio prefabricado  
compacto. --...50**

**6.4.3. Equipo de Potencia para Edificio prefabricado compacto. --  
...53**

**6.4.4. Equipo de Baja Tensión para Edificio prefabricado  
compacto. --...54**

**6.4.5. Sistema de Puesta a Tierra para Edificio prefabricado  
compacto. --...55**

**6.4.6. Otros para Edificio prefabricado compacto. --...58**

---



---

**6.4.7. PRESUPUESTO TOTAL DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN  
PREFABRICADO PFU-5/20. ---59**

---

**6.5. PRESUPUESTO UNITARIO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN  
COMPACTO mini-BLOK-24. ---60**

---

**6.5.1. Obra civil para Edificio de Transformación compacto. --  
...60**

**6.5.2. Equipo de Media Tensión para Edificio de Transformación  
compacto. ---61**

**6.5.3. Equipo de Potencia para Edificio de Transformación  
compacto. ---63**

**6.5.4. Equipo de Baja Tensión para Edificio de Transformación  
compacto. ---64**

**6.5.5. Otros para Edificio de Transformación compacto. ---65**

**6.5.6. Total Equipo Transformación compacto mini-BLOK. ---65**

**6.5.7. Sistema de Puesta a Tierra para Edificio prefabricado  
compacto. ---66**

**6.5.8. PRESUPUESTO TOTAL DEL EDIFICIO PREFABRICADO  
COMPACTO mini-BLOK. ---69**

---

**6.6. PRESUPUESTO UNITARIO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y  
SALUD. ---70**

---

**6.6.1. Protecciones INDIVIDUALES del Estudio Básico de  
Seguridad y Salud. ---70**

**6.6.2. Protecciones COLECTIVAS del Estudio Básico de Seguridad  
y Salud. ---73**

**6.6.3. Instalaciones de Higiene y Bienestar del Estudio Básico de  
Seguridad y Salud. ---76**

**6.6.4. Medicina Preventiva de Primeros Auxilios del Estudio  
Básico de Seguridad y Salud. ---78**

**6.6.5. Formación de Seguridad e Higiene del Estudio Básico de  
Seguridad y Salud. ---79**

---

---

**6.6.6. PRESUPUESTO TOTAL DEL ESTUDIO BÁSICO DE  
SEGURIDAD Y SALUD. ---80**

---

**6.7. PRESUPUESTO UNITARIO DEL PLAN DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS.  
---81**

---

**6.7.1. Plan de Gestión de los Residuos: Evacuación de Residuos. -  
---81**

**6.7.1.1. Residuos de Naturaleza Pétreo. ---81**

**6.7.1.2. Residuos de Naturaleza NO Pétreo. ---82**

**7.2. PRESUPUESTO TOTAL DEL PLAN DE GESTIÓN DE LOS  
RESIDUOS. ---83**

---

**6.8. PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO DE LA ELECTRIFICACIÓN DE UN  
POLÍGONO RESIDENCIAL. ---84**

---

## **ÍNDICE DE LOS PLANOS.**

### **7. PLANOS.**

#### **7.1. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.**

**7.1.1. Plano de situación: PLANO 1.**

**7.1.2. Plano de emplazamiento I: PLANO 2.**

**7.1.3. Plano de emplazamiento II: PLANO 3.**

#### **7.2. RED SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN.**

##### **7.2.1. CONFIGURACIÓN DE ANILLOS DE LA RED DE BAJA TENSIÓN.**

**7.2.1.1. Anillos del Centro de Transformación 1: PLANO 4.**

**7.2.1.2. Anillos del Centro de Transformación 2: PLANO 5.**

**7.2.1.3. Anillos del Centro de Transformación 3: PLANO 6.**

**7.2.1.4. Anillos del Centro de Transformación 4: PLANO 7.**

**7.2.1.5. Anillos del Centro de Reparto: PLANO 8.**

##### **7.2.2. DISPOSICIÓN Y DETALLES DE LAS ZANJAS DE BAJA TENSIÓN.**

**7.2.2.1. Detalle de la zanja del Centro de Transformación 1: PLANO 9.**

**7.2.2.2. Detalle de la zanja del Centro de Transformación 2: PLANO 10.**

**7.2.2.3. Detalle de la zanja del Centro de Transformación 3: PLANO 11.**

**7.2.2.4. Detalle de la zanja del Centro de Transformación 4: PLANO 12.**

**7.2.2.5. Detalle de la zanja del Centro de Reparto: PLANO 13.**

### **7.3. RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN.**

---

#### **7.3.1. CONFIGURACIÓN DE ANILLOS DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN.**

**7.3.1.1. Línea Subterránea de Media Tensión: Acometida al Centro de Reparto: PLANO 14.**

**7.3.1.2. Línea Subterránea de Media Tensión: Centro de Reparto al Centro de Abonado: PLANO 15.**

**7.3.1.3. Anillo de la Línea Subterránea de Media Tensión: PLANO 16.**

---

### **7.4. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.**

---

#### **7.4.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PFU/20.**

**7.4.1.1. Dimensiones del Centro de Transformación PFU/20: PLANO 17**

**7.4.1.2. Esquema unifilar del Centro de Transformación PFU/20: PLANO 18**

#### **7.4.2. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN COMPACTO mini-BLOK-24.**

**7.4.2.1. Dimensiones del Centro de Transformación mini-BLOK-24: PLANO 19**

**7.4.2.2. Esquema unifilar del Centro de Transformación BLOK-24: PLANO 20**

**7.4.3. Conexión de Puesta a Tierra (p.a.t.): PLANO 21**

---

## **ÍNDICE DE LA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA GENERAL.**

### **8. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA GENERAL.**

#### **8.1. DOCUMENTACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN.**

**8.1.1. Proyecto tipo de la Línea Subterránea de Baja Tensión.  
(MT 2.51.01.)**

**8.1.2. Cables unipolares RV con conductores de aluminio para  
redes subterráneas de baja tensión 0.6 /1 kV. (NI 56.31.21)**

#### **8.2. DOCUMENTACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE MEDIA TENSIÓN.**

**8.2.1. Proyecto tipo de Línea Subterránea de AT hasta 30 kV. (MT  
2.31.01)**

**8.2.2. Cables unipolares con aislamiento seco de etileno  
propileno de alto módulo y cubierta de poliolefina (HEPRZ1)  
para redes de AT hasta 30 kV. (NI 56.43.01)**

**8.2.3. Guía para la Instalación de cables subterráneos de BT y  
AT. (MT 2.80.18)**

#### **8.3. INSTALACIONES DE ENLACE.**

**8.3.1. Normas particulares para instalaciones de enlace en  
edificios destinados principalmente a viviendas (MTDYC 2.80.10)**

**8.3.2. CAJAS GENERALES DE PROTECCIÓN.**

**8.3.2.1. Cajas generales de protección (CGP) (NI 76.50.01)**

**8.3.3. CAJAS DE PROTECCIÓN Y MEDIDA.**

**8.3.3.1. Cajas de protección y medida (CPM) (NI 42.72.00)**

**8.3.4. Catálogos de selección por la compañía Iberdrola.**

**8.3.5. Especificaciones particulares para Instalaciones de Enlace.**

---

#### **8.4. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.**

---

**8.4.1. Proyecto tipo para centro de transformación compacto en edificio prefabricado superficie. (MT 2.11.10)**

**8.4.2. Conjunto compacto para centros de transformación (NI 50.40.06)**

**8.4.3. Edificios prefabricados de hormigón para centros de transformación compactos, de superficie. (NI 50.40.07)**

**8.4.4. Celdas de alta tensión bajo envolvente metálica hasta 36 kV, prefabricadas, con dieléctrico SF6, para CT (NI 50.42.11)**

**8.4.5. Catálogo Ormazabal: Sistema modular y compacto con aislamiento integral en gas hasta 24 kV.**

---

#### **8.5. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PFU/20.**

---

**8.5.1. Catálogo Ormazabal: Edificios Tipo Caseta para Centros de Transformación hasta 36 kV.**

**8.5.2. Catálogo Ormazabal: Centro de transformación prefabricado PFU/20.**

---

#### **8.6. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN mini-BLOK-24.**

---

**8.6.1. Catálogo Ormazabal: Centro de transformación compacto mini-BLOK-24.**

---

#### **8.7. TRANSFORMADOR DE ACEITE.**

---

**8.7.1. Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en baja tensión. (NI 72.30.00.)**

**8.7.2. Catálogo Ormazabal: Transformadores eléctricos de distribución.**

---

#### **8.8. CUADROS DE DISTRIBUCIÓN DE BT.**

---

**8.8.1. Cuadros de distribución de BT para centro de transformación intemperie compacto (NI 50.44.01)**

---

---

**8.8.2. Catálogo Ormazabal: Cuadros de Baja Tensión.**

---

**8.9. OTRA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.**

---

**8.9.1. Tramitación por Industria de Instalaciones Eléctricas.**

**8.9.2. Consejería de Ciencia, Tecnología, Industria (3 de Julio de 2003)**

**8.9.3. Boletín oficial de la Región de Murcia (4 de Noviembre de 2002)**

**8.9.4. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.**

---

***Memoria Descriptiva.***



**ÍNDICE DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA.**

**1. MEMORIA DESCRIPTIVA. --- 4**

---

**1.1. Objeto del proyecto. --- 4**

**1.2. Titulares de la instalación: al inicio y al final. --- 5**

**1.3. Usuarios de la instalación. --- 6**

**1.4. Emplazamiento de la instalación. --- 6**

**1.5. Legislación y normativa aplicable. --- 6**

**1.6. Descripción genérica de las instalaciones, uso y potencia. --- 8**

**1.6.1. Red de Baja Tensión. --- 8**

**1.6.2. Red de Media Tensión. --- 9**

**1.6.2.1. Potencia máxima a transportar y criterios de cálculo. --- 9**

**1.6.3. Centros de Transformación. --- 9**

**1.6.3.1. Programa de necesidades y potencia instalada en kVA. --- 10**

**1.7. Plazo de ejecución de las instalaciones. --- 13**

**1.8. Descripción de las instalaciones. --- 13**

---

**1.8.1. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE BAJA TENSIÓN. --- 13**

---

**1.8.1.1. Trazado. --- 13**

**1.8.1.1.1. Longitud. --- 14**

**1.8.1.1.2. Inicio y final de la línea. --- 14**

**1.8.1.1.3. Cruzamientos, paralelismos, etc. --- 14**

**1.8.1.1.4. Relación de propietarios afectados con dirección y D.N.I. --- 17**

---

---

**1.8.1.2. Puesta a Tierra y continuidad del neutro. --- 17**

---

**1.8.2. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN. --- 17**

---

**1.8.2.1. Trazado. --- 17**

**1.8.2.1.1. Puntos de entronque y final de línea. --- 18**

**1.8.2.1.2. Longitud. --- 18**

**1.8.2.1.3. Términos municipales afectados. --- 18**

**1.8.2.1.4. Relación de cruzamientos, paralelismos, etc. --- 18**

**1.8.2.1.5. Relación de propietarios afectados con dirección y D.N.I. --- 21**

**1.8.2.2. Materiales. --- 21**

**1.8.2.2.1. Conductores. --- 21**

**1.8.2.2.2. Aislamiento. --- 22**

**1.8.2.2.3. Accesorios. --- 22**

**1.8.2.2.4. Protecciones eléctricas de principio y fin de línea. --- 23**

**1.8.2.3. Zanjas y sistema de enterramiento. --- 23**

**1.8.2.3.1. Medidas de señalización y seguridad. --- 24**

**1.8.2.4. Puesta a Tierra. --- 24**

---

**1.8.3. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN. --- 24**

---

**1.8.3.1. Generalidades.- --- 25**

**1.8.3.1.1. EDIFICIO DE TRANSFORMACIÓN: PFU-5/20. --- 25**

**1.8.3.1.1.1. Características de los materiales. --- 26**

**1.8.3.1.1.2. Características detalladas PFU-5/20. --- 28**

**1.8.3.1.1.3. Instalación Eléctrica. --- 29**

**1.8.3.1.1.4. Características de la Aparamenta de Media Tensión. --- 29**

---

---

<b>1.8.3.1.1.5. Características Descriptivas de Aparamenta MT y Trafos. --</b>	<b>31</b>
<b>1.8.3.1.1.6. Características Descriptivas de Cuadros de Baja Tensión. --</b>	<b>34</b>
<b>1.8.3.1.1.7. Características del material de Media Tensión y Baja Tensión. --...</b>	<b>35</b>
<b>1.8.3.1.1.8. Medida de la energía eléctrica. --...</b>	<b>36</b>
<b>1.8.3.1.1.9. Unidades de protección, automatismo y control. --...</b>	<b>36</b>
<b>1.8.3.1.1.10. Puesta a Tierra. --...</b>	<b>36</b>
<b>1.8.3.1.1.11. Instalaciones secundarias. --...</b>	<b>37</b>
<b>1.8.3.1.2. EDIFICIO DE TRANSFORMACIÓN: mini-BLOK-24 --...</b>	<b>38</b>
<b>1.8.3.1.2.1 Características de los Materiales. --...</b>	<b>38</b>
<b>1.8.3.1.2.2. Instalación eléctrica. --...</b>	<b>39</b>
<b>1.8.3.1.2.3. Características de la Aparamenta de Media Tensión. --...</b>	<b>40</b>
<b>1.8.3.1.2.4. Características Descriptivas Aparamenta MT y Transformadores. --...</b>	<b>42</b>
<b>1.8.3.1.2.5. Características Descriptivas de Cuadros de Baja Tensión. --</b>	<b>43</b>
<b>1.8.3.1.2.6. Características del material de Media Tensión y Baja Tensión. --...</b>	<b>44</b>
<b>1.8.3.1.2.7. Medida de la energía eléctrica.--</b>	<b>45</b>
<b>1.8.3.1.2.8. Unidades de protección, automatismo y control. --...</b>	<b>45</b>
<b>1.8.3.1.2.9. Puesta a Tierra. --...</b>	<b>45</b>
<b>1.8.3.1.2.10. Instalaciones secundarias. --...</b>	<b>46</b>

---

## 1. MEMORIA DESCRIPTIVA.

### 1. 1. Objeto del proyecto.

Para la realización del **proyecto final de carrera** que atiende al nombre de **Electrificación de un Polígono Residencial**, se redacta en el presente documento el cálculo y diseño de la red de Baja Tensión, para la alimentación de las distintas cargas que se encuentran distribuidas en el polígono residencial edificable de 1524.2261 m<sup>2</sup> de superficie designada por el **Departamento de Ingeniería Eléctrica** en el término municipal de Cartagena.

La red de **Baja Tensión** incluye todos los elementos que se encuentran a la salida del secundario del transformador, con los fusibles de protección de las líneas y sus respectivas cajas generales de protección según el tipo de abonado o abonados a los cuales está destinado el consumo.

Por otra parte también se realizará el cálculo y diseño de la línea de **Media Tensión** que se deriva de la red de distribución de 20 KV. Disponemos de un punto de acometida (alimentado hipotéticamente desde una subestación transformadora o un entronque aéreo-subterráneo), desde el cual se partirá un anillo de media tensión a 20 KV para distribuir la energía eléctrica a los distintos centros de transformación del anillo. Asimismo se trazará una línea en media de tensión para dar servicio, a través de un centro de reparto ubicado en el interior de nuestra urbanización, a un centro de transformación tipo abonado situado a las afueras del recinto objeto del estudio.

Además de lo proyectado anteriormente se definirán las características de los **Centros de Transformación** destinados al suministro de energía eléctrica, así como la justificación y valoración de los materiales empleados en los mismos, se utilizarán dos tipos de Centros de Transformación, los **PFU** y los **mini-BLOK**.

Tras calcular y justificar lo antes descrito se pasará a desarrollar los siguientes estudios específicos:

**Estudio básico de seguridad y salud**, que deberá contemplar la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello, relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y las protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas. Contemplará también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, y en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

**Plan de Gestión de residuos:** Donde se establecen los requisitos mínimos de la producción y gestión de residuos, con objeto de promover su prevención, reutilización, reciclado, valorización y el adecuado tratamiento a aquellos que son destinados a la eliminación, de tal forma que no se permitirá el depósito en vertedero de residuos que no hayan sido sometidos a alguna operación de tratamiento. Se analizan los residuos de construcción y demolición que se producirán en la obra y se crea una estimación de su cantidad, las medidas genéricas de prevención que se adoptarán, el destino previsto, así como una valoración de los costes derivados de la gestión de estos residuos.

A continuación, el presente proyecto se redacta con objeto de exponer las condiciones técnicas y de seguridad necesarias para conseguir la correspondiente autorización de puesta en marcha para la instalación.

Para ello, en esta memoria se describirán las características esenciales y las condiciones bajo las cuales se realizará la instalación, y que son las correspondientes a la legislación vigente según el **Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.E.B.T.)** e **Instrucciones Técnicas Complementarias (I.T.C.)**.

### ***1.2. Titulares de la instalación: al inicio y al final.***

Al inicio, el titular de la instalación es el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la UPCT con dirección Campus Muralla del Mar. Edificio Antiguo Hospital de Marina. C/ Dr. Fleming S/N. E-30202, más adelante ésta será traspasada a la empresa distribuidora de energía eléctrica Iberdrola.

Titular de la instalación inicial: **Universidad Politécnica de Cartagena.**

Domicilio social: Plaza del cronista Isidoro Valverde. Edif. La Milagrosa.

C.P.30202 Cartagena (Murcia)

C.I.F: No procede

Teléfono.: 968 32 54 00

Fax: 968 32 54 00

Titular de la instalación final: **IBERDROLA DISTRIBUCIÓN SAU.**

Domicilio social: C/ Sofía S/N. Polígono Industrial Cabezo Beaza.

Cartagena (Murcia)

C.I.F: A-95075578

Teléfono.: 968 50 55 00

Fax: 968 39 57 59

### ***1.3. Usuarios de la instalación.***

Los distintos usuarios de la instalación serán las **personas físicas** que se encuentren viviendo en el polígono residencial tanto en viviendas unifamiliares como en edificios de viviendas, así como el propio **Ayuntamiento de Cartagena** el cual dispone de una parcela en la que se tiene previsto construir un equipamiento social y educativo. Ambos se encuentran dentro del conjunto del polígono.

### ***1.4. Emplazamiento de la instalación.***

El polígono residencial está ubicado en la zona Noroeste del **barrio de Los Dolores**, el cual pertenece al término municipal de **Cartagena** y queda limitado:

- Por el Norte con el Polígono de Santa Ana y el suelo no urbanizable.
- Por el Sur, el Barrio de Los Dolores.
- Por el Este, los terrenos que se expropiaron para el ferrocarril y la antigua carretera Nacional Cartagena – Murcia (N-301).
- Por el Oeste, con la carretera a La Aljorra (MU-602).

Siendo su posición geográfica aproximada con relación al meridiano inicial de Greenwich, la siguiente:

- Longitud oeste 1º 40'
- Latitud norte 37º 00'

### ***1.5. Legislación y normativa aplicable.***

En el presente proyecto las normas que se han aplicado y que están en uso actualmente son:

#### **NORMAS GENERALES**

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- Guía técnica de aplicación del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Normas particulares y de normalización de Iberdrola.
- Ordenanzas municipales del Ayuntamiento de Murcia. Contenidos mínimos en proyectos, Resolución de 3 de Julio de 2003, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se aprueban los contenidos esenciales de determinados proyectos y el modelo

de certificado como consecuencia de la aprobación por el real decreto 842/2002, de 2 de Agosto, del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Real Decreto 223/2008 de 15 de Febrero, por el que se aprueba el nuevo Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Normas UNE y normas EN.
- Autorización de Instalaciones Eléctricas. Aprobado por Ley 40/94, de 30 de Diciembre, B.O.E. de 31-12-1994.
- Ordenación del Sistema Eléctrico Nacional y desarrollos posteriores. Aprobado por Ley 40/1994, B.O.E. 31-12-94.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Condiciones impuestas por los organismos Públicos afectados.
- Ley de Regulación del Sector Eléctrico, Ley 54/1997 de 27 de Noviembre.
- Orden de 13-03-2002 de la Consejería de Industria y Trabajo por la que se establece el contenido mínimo en proyectos de industrias y de instalaciones industriales.
- -IEP. Norma tecnológica del 24-03-73, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra. Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.
- Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de Julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de Mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

#### **NORMAS Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO DE LOS EDIFICIOS PARA LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN**

- **CEI 61330 UNE-EN 61330**, Centros de Transformación prefabricados.
- **RU 1303A**, Centros de Transformación prefabricados de hormigón.
- **NBE-X**, Normas básicas de la edificación.

### **NORMAS Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO DE LA APARAMENTA ELÉCTRICA**

- **CEI 60694 UNE-EN 60694**, Estipulaciones comunes para las normas de aparamenta de Alta Tensión.
- **CEI 61000-4-X UNE-EN 61000-4-X**, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida.
- **CEI 60298 UNE-EN 60298**, Aparamenta bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.
- **CEI 60129 UNE-EN 60129**, Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
- **RU 6407B**, Aparamenta prefabricada bajo envolvente metálica con dieléctrico de Hexafloruro de Azufre SF6 para Centros de Transformación de hasta 36 kV.
- **CEI 60265-1 UNE-EN 60265-1**, Interruptores de Alta Tensión. Parte 1: Interruptores de Alta Tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV.
- **CEI 60420 UNE-EN 60420**, Combinados interruptor - fusible de corriente alterna para Alta Tensión.

### **NORMAS Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO DE TRANSFORMADORES**

- **CEI 60076-X UNE-EN 60076-X**, Transformadores de potencia.
- **UNE 20101-X-X**, Transformadores de potencia.

### **NORMAS Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO DE LOS TRANSFORMADORES DE ACEITE**

- **RU 5201D**, Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en Baja Tensión.
- **UNE 21428-X-X**, Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en Baja Tensión de 50 kVA A 2 500 kVA, 50 Hz, con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV.

#### ***1.6. Descripción genérica de las instalaciones, uso y potencia.***

##### ***1.6.1. Red de Baja Tensión.***

El complejo residencial consta de ocho parcelas (1, 4, 5, 6-A, 6-B, 7, 8 y 9) diseñadas para la construcción de viviendas unifamiliares y dos parcelas (2 y 3) destinadas a ser ocupadas por edificios de viviendas; incluido un garaje en sendos edificios, cuatro zonas comunes ajardinadas, un equipamiento social y otro equipamiento educativo.

A las viviendas unifamiliares le corresponde un nivel de electrificación elevada, es decir, 9.2 kW, mientras que para los edificios de viviendas será una electrificación básica de 5.75 kW. En cuanto a



las zonas ajardinadas la potencia que le asignaremos será la correspondiente a una luminaria Na HP de 100 W por cada 30 m<sup>2</sup>, el equipamiento social se le asignará una potencia de 10 W por cada m<sup>2</sup>, al equipamiento educativo se le asignará una potencia de 5 W por cada m<sup>2</sup> y la potencia prevista para el alumbrado de los viales que se resolverá instalando dos centros de mando de 20 KW cada uno.

#### ***1.6.2. Red de Media Tensión.***

---

Para el desarrollo de la L.S.M.T. en primer lugar realizaremos una derivación de la Línea Media Tensión procedente de una hipotética subestación transformadora hasta el punto de acometida. A partir de aquí se enlazará con el Centro de Reparto.

Desde éste se desarrollará un anillo de MT en instalación subterránea que enlace todos los CT ubicados en el interior de la urbanización, con el fin de llevar energía eléctrica a todos los puntos previstos de carga del complejo, y también se dará servicio al centro de transformación de abonado situado en el exterior de la parcela objeto del estudio.

##### ***1.6.2.1. Potencia máxima a transportar y criterios de cálculo.***

---

Se prevé que la Línea Subterránea de Media de Tensión (L.S.M.T) alimente a un total de 5 Centros de Transformación con una potencia cada uno de 400 kVA, por lo tanto, el **total de potencia** ascenderá hasta los **2000 kVA**.

En función de esta potencia total escogeremos el conductor más apropiado para el diseño y obtendremos la Potencia Máxima a Transportar. Todo el proceso de cálculo será realizado en el apartado referente a los Cálculos Eléctricos Justificativos.

#### ***1.6.3. Centros de Transformación.***

---

Los Centros de Transformación tipo compañía, objeto de este proyecto, tienen la misión de suministrar energía, sin necesidad de medición de la misma.

La energía será suministrada por la compañía Iberdrola a la tensión trifásica de 20 kV y frecuencia de 50 Hz, realizándose la acometida mediante cables subterráneos.

## 1. Centro de Transformación PFU:

- ✓ **CGMcosmos:** Celdas modulares de aislamiento y corte en gas, extensibles "in situ" a derecha e izquierda, sin necesidad de reponer gas.

## 2. Centros de Transformación mini-BLOK:

- ✓ **CGMcosmos:** Equipo compacto de 3 funciones, con aislamiento y corte en gas, opcionalmente extensibles "in situ" a derecha e izquierda, sin necesidad de reponer gas.

### 1.6.3.1. Programa de necesidades y potencia instalada en kVA.

A los efectos del cómputo de potencia, se tendrán en cuenta las consideraciones indicadas en la tabla siguiente:

PREVISION DE CARGAS			
PARCELA Nº	NUM. VIVIENDAS	NIVEL DE ELECTRIFICACIÓN	ESCALERAS
1	11	ELEVADA	
2	95	BASICA	9
3	97	BASICA	9
4	20	ELEVADA	
5	24	ELEVADA	
6-A	17	ELEVADA	
6-B	14	ELEVADA	
7	32	ELEVADA	
8	24	ELEVADA	
9	23	ELEVADA	
EQUIPAMIENTO SOCIAL		Previsión de 10 W/m2	
EQUIPAMIENTO EDUCATIVO		Previsión de 5 W/m2	
JARDINES		Luminaria Na HP 100 W. cada 30 m2.	
ALUMBRADO DE VIALES		DOS CENTROS DE MANDO 20 KW/UD.	

**Tabla 1.1: Previsión de cargas para la instalación eléctrica.**

La potencia total correspondiente a **viviendas unifamiliares** es **1518 kW**. Ya que, disponemos de 165 viviendas con un nivel de electrificación de 9.2 kW cada una de ellas.

$$P_{EE} = 165 * 9.2 = 1518 \text{ kW}$$

La potencia asignada al nivel de electrificación básica de 5.75 kW, es **1104 kW**, un total de dos **edificios de viviendas** con 95 y 97 viviendas, respectivamente.

$$P_{EB} = (95 + 97) * 5.75 = 1104 \text{ kW}$$

En el conjunto a estudiar disponemos de dos **garajes** con estimación de ventilación forzada, extensión del 80% de la superficie; cada uno de ellos pertenece a un edificio de viviendas, como se ha visto anteriormente. La superficie de la parcela 2 es 4067.22m<sup>2</sup>, con lo cual le corresponde una potencia de 65.075 kW. Y la superficie de la parcela 3 es 4178.45m<sup>2</sup>, con lo cual la potencia aumenta proporcional a 66.855 kW. La potencia total perteneciente a ambos garajes alcanza una suma de **131930.72 W**.

$$P_{G1} = 4067.22 * 0.80 * 20 = 65075.52 \text{ W}$$

$$P_{G2} = 4178.45 * 0.80 * 20 = 66855.2 \text{ W}$$

$$P_{GT} = 65075.52 + 66855.2 = 131930.72 \text{ W}$$

El polígono residencial cuenta con cuatro espacios reservados a **zonas verdes** o ajardinadas de equipamiento genérico a los cuales se les asigna a una luminaria Na HP de 100 W por cada 30 m<sup>2</sup>. La potencia total del conjunto de cuatros jardines asciende a **37.749 kW**

$$P_{1EL} = 3810.099 * \frac{100}{30} * 1.8 = 12700.33 \text{ W}$$

$$P_{2EL} = 3480.39 * \frac{100}{30} * 1.8 = 11601.3 \text{ W}$$

$$P_{3EL} = 1936.31 * \frac{100}{30} * 1.8 = 6451.03 \text{ W}$$

$$P_{4EL} = 2099.20 * \frac{100}{30} * 1.8 = 6997.33 \text{ W}$$

$$P_{ELT} = (12.700 + 11.601 + 6.451 + 6.997) = 37.749 \text{ kW}$$

El **equipamiento social** consta de una superficie de 4301.65 m<sup>2</sup>, sabemos que la potencia correspondiente es 10 W/m<sup>2</sup>, con lo cual la potencia total correspondiente al centro social son **43016.5 W**.

$$P_{ES} = 4301.65 * 10 = 43016.5 \text{ W}$$

Igualmente, el **equipamiento escolar** ocupa una superficie de 15101.92m<sup>2</sup>, sabemos que la potencia correspondiente es 5 W/m<sup>2</sup>, con lo cual la potencia total correspondiente al centro escolar son **75509.6 W**.

$$P_{EE} = 15101.92 * 5 = 75509.6 \text{ W}$$

La potencia correspondiente a dos **Centros de Mando** de una unidad de alumbrado vial con una potencia de 20kW son **40 kW**.

$$P_{CM} = 2 * 20 = 40 \text{ kW}$$

Y por último, se debe tener en cuenta la potencia necesaria para suministrar los **servicios comunes**. Considerando tales servicios comunes como el conjunto de servicios generales y ascensor. Se deben considerar 18 portales en total para los dos edificios de viviendas, que suman **143 kW**.

$$P_{SG} = (3.45 + 4.5) * 18 = 7.95 * 18 = 143.1 \text{ kW}$$

La suma **total de la potencia del complejo** correspondiente a viviendas unifamiliares, edificios de viviendas, garajes, zonas verdes, centros de mando, equipamiento social, equipamiento escolar y servicios comunes.

$$P_T = 1518 + 1104 + 131.955 + 37.749 + 40 + 43.0965 + 75.5096 + 143.1 = 3093.3101 \text{ kW}$$

Se precisa el suministro de energía a una tensión de 230 V, con una potencia máxima simultánea de 3093.3101 W. De los cuales 2974.784 kW pertenecen a

viviendas unifamiliares, edificios, centro de mando de viales y jardines. Por tanto, disponemos de 118.5261 KW pertenecen a equipamiento social y equipamiento educativo.

Aplicando un **factor de simultaneidad de vivienda y zonas comerciales** de valor 0.4 y 0.6, respectivamente.

$$P_{VIVIENDAS} = 2974.784 * 0.4 = 1189.9136 \text{ kW}$$

$$P_{EE Y ES} = 118.5261 * 0.6 = 71.11566 \text{ kW}$$

La **potencia total final** de la previsión de cargas del complejo residencial asciende a **1261.0292 kW**.

La **potencia total en kVA**, que obtenemos partiendo de un factor de potencia de valor 0.9 da como resultado **1401.1436 kVA**.

Para atender a las necesidades arriba indicadas, la potencia total instalada en cada Centro de Transformación es de 400 kVA. Para llegar al total de potencia instalada se instalarán 5 Centros de

Transformación realizando uno de ellos las funciones de reparto y maniobra, es decir, 2000 kVA o lo que es lo mismo 1800kW.

### ***1.7. Plazo de ejecución de las instalaciones.***

---

Se tiene previsto el comienzo de las obras seis meses después de la entrega del Proyecto.

### ***1.8. Descripción de las instalaciones.***

#### ***1.8.1. RED DE BAJA TENSIÓN.***

---

Para el diseño de la red eléctrica de baja tensión usaremos los conductores del tipo XZ1(S) de **Prysmian** con una sección determinada para cada caso en función de la potencia que vaya a soportar dicho conductor, la longitud que cubre su respectivo fusible y la caída de tensión de la red.

Las líneas subterráneas estarán formadas por **tres fases activas** (un conductor por fase) más **neutro** (un conductor por neutro) con sección determinada que se

especifica en el apartado correspondiente de Cálculos Eléctricos Justificativos. Se emplearán los conductores normalizados por Iberdrola S.A. con **aislamiento de Polietileno reticulado (XLPE)** y **cubierta de Policloruro de Vinilo (PVC)**.

Se diseñarán las redes con dos anillos por cada centro de transformación, estas irán directamente enterradas y en contacto directo, con el fin de estudiar el caso más desfavorable.

En las viviendas unifamiliares y el alumbrado de viales se colocarán las cajas de derivación junto con las cajas de protección y medida (CPM), éstas serán las especificadas por la empresa suministradora, teniendo uno o dos contadores monofásicos según sea necesario.

En los demás casos se utilizarán cajas generales de protección (CGP) especificadas por la empresa suministradora.

#### ***1.8.1.1. Trazado.***

---

Las distintas instalaciones de baja tensión discurrirán bajo la acera directamente enterradas. El trazado será lo más rectilíneo posible y a poder ser paralelo a referencias fijas, como líneas en fachadas o bordillos. Asimismo, se tendrán en cuenta los radios de curvatura mínimos a respetar en los cambios de dirección. Cuando se tenga que cruzar una calle, será lo más ortogonal posible a ella.

#### 1.8.1.1.1. Longitud.

La longitud de cada uno de los anillos (dos anillos por cada CT) de de baja tensión son las siguientes:

Nº de CT	Longitud Anillo 1	Longitud Anillo 2
1	263.19 m	386.898 m
2	338.409 m	343.455 m
3	414.189 m	379.34 m
4	436.46 m	454.49 m
CR	491.695 m	242.1 m

**Tabla 1.2: Longitudes de los anillos de la Línea Subterránea de Baja Tensión.**

#### 1.8.1.1.2. Inicio y final de la línea.

Al tratarse de una configuración de la red en anillo el **inicio** y el **final** de las redes de baja tensión están en el **centro de transformación** respectivo de cada trazado.

Es decir, las líneas partirán desde los cuadros de Baja Tensión de los C.T. de la compañía **Ormazabal** de tipo interior y mini-BLOK propiedad de Iberdrola, a partir de los cuales se dará suministro en Baja Tensión.

#### 1.8.1.1.3. Cruzamientos, paralelismos, proximidades y acometidas.

##### ○ **Cruzamientos**

Se evitarán cruzamientos con L.S.M.T. y alcantarillado, solo con las calles. Si en algún punto se cruzase con la red general de alcantarillado, este cruce se realizará entubado al igual que el de calzadas y se procurará que sea siempre por encima de las mismas.

- Calles y Carreteras: Los conductores se colocarán en conductos protectores recubiertos de hormigón a una profundidad mínima de 0.8 metros.
- Otros conductores de energía eléctrica: Siempre que sea posible, se procurará que los cables de baja tensión discurren por encima de los de alta tensión. La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de energía eléctrica será: 0,25 m con cables de alta tensión y 0,10 m con cables de baja tensión. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m.

- Con Canalizaciones de Agua: Siempre que sea posible, los cables se instalarán por encima de las canalizaciones de agua.

Los conductores se mantendrán a una distancia mínima de estas canalizaciones de 0,20 m.

- **Canalizaciones**

Los cables irán directamente enterrados y por ello, para las canalizaciones deben de tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

1. La canalización discurrirá por terrenos de dominio público bajo acera, siempre que sea posible, no admitiéndose su instalación bajo calzada excepto en los cruces, evitando los ángulo pronunciados. La longitud de la canalización será lo más corta posible, a no ser que se prevea la instalación futura de un nuevo abonado alimentado con la misma línea.
2. El radio de curvatura después de colocado el cable será como mínimo 10 veces el diámetro exterior.
3. Los cruces de las calzadas deberán de ser perpendiculares, procurando evitarlos si es posible.
4. Los cables se alojarán en zanjas de 0,80 m de profundidad mínima y una anchura que permita las operaciones de apertura y tendido, con un valor mínimo de 0,35 m.

En el fondo de la zanja se colocará una capa de arena de río de un espesor de 10 cm en el lecho de la zanja, sobre la que se colocarán los cables a instalar, que se cubrirán con otra capa de idénticas características con un espesor mínimo de 10 cm, sobre esta capa se colocará una protección mecánica, que se tapara con 25 cm de zahorra o tierras de la propia excavación, apisonada por medios manuales. Se cuidará que esta capa de tierra esté exenta de piedras o cascotes.

La protección mecánica estará constituida por un TUBO DE PVC de 160 mm. Cuando haya más de una línea se colocará un tubo y una placa de protección para ofrecer resistencia mecánica al conjunto. Finalmente se construirá el pavimento si lo hubiera, del mismo tipo y calidad del existente antes de realizar la apertura.

- **Canalización Entubada**

En estas canalizaciones el cable irá entubado en todo o gran parte de su trazado.

Estarán constituidos por tubos termoplásticos, hormigonados y debidamente enterrados en zanja. Las características de estos tubos serán las establecidas en las NI 52.95.02 y NI 52.95.03.

El diámetro interior de los tubos será 1,5 veces el cable y como mínimo de 100 mm. En cada uno de los tubos se instalará un solo circuito. Se evitará en lo posible los cambios de dirección de los tubulares. En los puntos donde estos se produzcan, se dispondrán de arquetas registrables o cerradas, para facilitar la manipulación.

Las canalizaciones entubadas deberán quedar debidamente selladas por sus extremos, a la entrada de la arqueta.

La zanja tendrá una anchura mínima de 35 cm para la colocación de un tubo recto de 160 mm de diámetro, aumentando la anchura en función del número de tubos a instalar.

Las canalizaciones entubadas deberán quedar debidamente selladas por sus extremos, a la entrada de la arqueta, el sellado de los tubos ocupados se realizará con espuma de poliuretano o cualquier otro procedimiento autorizado por Iberdrola.

Los tubos podrán ir colocados en uno, dos, o tres planos y con una separación entre ellos de 2 cm, tanto en su proyección vertical como horizontal, la separación entre tubos y paredes de zanja deberá ser de 5cm.

La profundidad de la zanja dependerá del número de tubos, pero será la suficiente para que los situados en el plano superior queden a una profundidad de 60 cm, tomada desde la rasante del terreno a la parte superior del tubo.

En los casos de tubos de distintos tamaños, se colocarán de forma que los de mayor diámetro ocupen el plano inferior y los laterales.

En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de 5 cm de espesor de hormigón H-125, sobre la que se depositarán los tubos dispuestos por planos. A continuación se colocará otra capa de hormigón H-200 con un espesor de 10 cm por encima de los tubos y envolviéndolos completamente.

Y, por último, se hace el relleno de la zanja, dejando libre el espesor del pavimento, para este relleno se utilizará hormigón H-125, evitando que se produzca discontinuidad del cimiento debido a la colocación de las piedras, si no hay piedra disponible se utilizará hormigón H-250.

- **Empalmes y conexiones**

Los empalmes y conexiones de los conductores subterráneos se efectuarán siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento.

Así mismo deberá quedar perfectamente asegurada su estanqueidad y resistencia contra la corrosión que puede originar el terreno.



#### ***1.8.1.1.4. Relación de propietarios afectados con dirección y D.N.I.***

---

Todas las Redes Subterráneas de baja tensión proyectadas discurren por vía pública, por lo que **no existen propietarios afectados** por el paso de la línea.

#### ***1.8.1.2. Puesta a Tierra y continuidad del neutro.***

---

El conductor de Neutro de las redes subterráneas de distribución pública se conectará a tierra en el Centro de Transformación, aunque fuera del Centro es aconsejable su puesta a tierra en otros puntos de la red, con objeto de disminuir su resistencia global a tierra.

La continuidad del Conductor Neutro quedará asegurada en todo momento, siendo de aplicación para ello lo dispuesto a continuación:

- El neutro se conectará a tierra a lo largo de la red, por lo menos cada 200 m y en las cajas generales de protección, consistiendo dicha puesta a tierra en una pica, unida al borde del neutro mediante conductor aislado de 50 mm<sup>2</sup> de Cu, como mínimo.
- El conductor neutro no podrá ser interrumpido en las redes de distribución, salvo que esta interrupción sea realizada por uno de los dispositivos siguientes:

**1. Interruptor o seccionador** que actúen sobre el neutro al mismo tiempo que en las fases, o que establezcan la conexión del neutro antes que las fases y desconecten estas antes que el neutro.

**2. Unión Amóvil** en el neutro próximas a los interruptores o Seccionadores de los conductores de fase, debidamente señalizadas y que solamente pueden ser accionadas mediante herramientas especiales, no debiendo ser seccionado el neutro sin haber sido antes las fases, ni conectas estas sin haberlo sido previamente el neutro.

### ***1.8.2. RED DE MEDIA TENSIÓN.***

#### ***1.8.2.1. Trazado.***

---

La línea discurrirá por terrenos de dominio público pertenecientes al término municipal de Cartagena, su disposición será bajo la acera con conductores directamente enterrados.

- 1.** L.S.M.T. desde la acometida hasta el Centro de Reparto.
- 2.** L.S.M.T. en anillo conectando todos los Centros de Transformación.
- 3.** L.S.M.T. desde el Centro de Reparto hasta el Centro de Abonado.

#### ***1.8.2.1.1. Puntos de entronque y final de línea.***

En la **primera parte** de la L.S.M.T. el punto inicial será el **punto de acometida** y su punto final de línea estará ubicado en la conexión con el **Centro de Reparto** (PFU-5/20).

Para la **segunda parte** de la L.S.M.T., es decir para el diseño del anillo, su punto principal de salida será desde el **Centro de Reparto** (PFU-5/20) hacia la conexión con los demás **Centros de Transformación**, llegando de nuevo a éste.

Para la **tercera parte** de la L.S.M.T. su punto de salida será desde el **Centro de Reparto** (PFU-5/20) hasta el **Centro de abonado** situado en la parte exterior del proyecto objeto del estudio.

#### ***1.8.2.1.2. Longitud.***

La longitud de la línea desde el punto de acometida hasta el Centro de Reparto (PFU-5/20) es de **485.9234 metros**.

La longitud de la línea desde el Centro de Reparto hasta el centro de transformación de abonado (PFU-5/20) es de **349.17 metros**.

La longitud del anillo que enlaza los distintos Centros de Transformación desde el Centro de Reparto (PFU-5/20) es de **1046.77 metros**.

#### ***1.8.2.1.3. Términos municipales afectados.***

El trazado de la línea en el presente proyecto sólo afecta al término municipal correspondiente al Ayuntamiento de Cartagena.

#### ***1.8.2.1.4. Relación de cruzamientos, paralelismos, etc.***

Las condiciones que cumplirán en los cruces y paralelismos las instalaciones de Media Tensión serán las siguientes:

- **Cruzamientos**

Se evitarán cruzamientos con L.S.M.T. y alcantarillado, solo con las calles. Si en algún punto se cruzase con la red general de **alcantarillado**, este **cruce** se realizará **entubado** al igual que el de la **calzada** y se procurará que sea siempre por encima de las mismas.

- Calles y Carreteras: Los conductores se colocarán en tubos protectores recubiertos de hormigón a una profundidad mínima de 0.8 metros.

- Otros conductores de energía: En los cruzamientos de los conductores con otros de Alta Tensión la distancia entre ellos deberá de ser como mínimo de 0,25m.
- Con Canalizaciones de Agua: Los conductores se mantendrán a una distancia mínima de estas canalizaciones de 0,20 m.

- **Canalizaciones**

Los cables irán directamente enterrados y por ello, para las canalizaciones deben de tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

**1.** La canalización discurrirá por terrenos de dominio público bajo acera, siempre que sea posible, no admitiéndose su instalación bajo calzada excepto en los cruces, evitando los ángulo pronunciados. La longitud de la canalización será lo más corta posible, a no ser que se prevea la instalación futura de un nuevo abonado alimentado con la misma línea.

**2.** El radio de curvatura después de colocado el cable será como mínimo: 10 veces el diámetro exterior.

**3.** Los cruces de las calzadas deberán de ser perpendiculares, procurando evitarlos si es posible.

**4.** Los cables se alojarán en zanjas de 1,10 m de profundidad mínima y una anchura que permita las operaciones de apertura y tendido, con un valor mínimo de 0,35 m.

En el fondo de la zanja se colocará una capa de arena de río de un espesor de 10 cm en el lecho de la zanja, sobre la que se colocarán los cables a instalar, que se cubrirán con otra capa de idénticas características con un espesor mínimo de 10 cm, sobre esta capa se colocará una protección mecánica, que se tapara con 25 cm de zahorra o tierras de la propia excavación, apisonada por medios manuales. Se cuidará que esta capa de tierra esté exenta de piedras o cascotes.

La protección mecánica estará constituida por un TUBO DE PVC de 160 mm de diámetro cuando por la zanja discurra 1 ó 2 líneas y por un tubo y placas cubrecables de plástico cuando el número sea mayor.

Finalmente se construirá el pavimento si lo hubiera, del mismo tipo y calidad del existente antes de realizar la apertura.

- **Canalización Entubada**

En estas canalizaciones el cable irá entubado en todo o gran parte de su trazado.

Estarán constituidos por tubos termoplásticos, hormigonados y debidamente enterrados en zanja. Las características de estos tubos serán las establecidas en las NI 52.95.02 y NI 52.95.03.

El diámetro interior de los tubos será 1,5 veces el cable y como mínimo de 100 mm. En cada uno de los tubos se instalará un solo circuito. Se evitará en lo posible los cambios de dirección de los tubulares. En los puntos donde estos se produzcan, se dispondrán de arquetas registrables o cerradas, para facilitar la manipulación.

Las canalizaciones entubadas deberán quedar debidamente selladas por sus extremos, a la entrada de la arqueta.

La zanja tendrá una anchura mínima de 35 cm para la colocación de un tubo recto de 160 mm de diámetro, aumentando la anchura en función del número de tubos a instalar.

Las canalizaciones entubadas deberán quedar debidamente selladas por sus extremos, a la entrada de la arqueta, el sellado de los tubos ocupados se realizará con espuma de poliuretano o cualquier otro procedimiento autorizado por Iberdrola.

Los tubos podrán ir colocados en uno, dos, o tres planos y con una separación entre ellos de 2 cm, tanto en su proyección vertical como horizontal, la separación entre tubos y paredes de zanja deberá ser de 5cm.

La profunda de la zanja dependerá del número de tubos, pero será la suficiente para que los situados en el plano superior queden a una profundidad de 60 cm, tomada desde la rasante del terreno a la parte superior del tubo.

En los casos de tubos de distintos tamaños, se colocarán de forma que los de mayor diámetro ocupen el plano inferior y los laterales.

En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de 5 cm de espesor de hormigón H-125, sobre la que se depositarán los tubos dispuestos por planos. A continuación se colocará otra capa de hormigón H-125 con un espesor de 10 cm por encima de los tubos y envolviéndolos completamente.

Y por último, se hace el relleno de la zanja, dejando libre el espesor del pavimento, para este relleno se utilizará hormigón H-125, evitando que se produzca discontinuidad del cimiento debido a la colocación de las piedras, si no hay piedra disponible se utilizará hormigón H-250.

- **Empalmes y conexiones**

Los empalmes y conexiones de los conductores subterráneos se efectuarán siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento.

Así mismo deberá quedar perfectamente asegurada su estanqueidad y resistencia contra la corrosión que puede originar el terreno.

#### 1.8.2.1.5. Relación de propietarios afectados con dirección y D.N.I.

Todas las Redes Subterráneas de Media Tensión proyectadas discurren por vía pública, por lo que **no existen propietarios afectados** por el paso de la línea. Es decir, sería el **Ayuntamiento de Cartagena** al atravesar la nueva línea por viales públicos.

#### 1.8.2.2. Materiales.

##### 1.8.2.2.1. Conductores.

Se utilizarán únicamente cables de aislamiento de dieléctrico seco de las siguientes características:

- **Conductor:** Aluminio compacto, sección circular, clase 2 UNE 21-022.
- Pantalla sobre el conductor: Capa de mezcla semiconductor aplicada por extrusión.
- **Aislamiento:** Mezcla a base de Etileno Propileno de Alto Módulo (HEPR).
- Pantalla sobre el aislamiento: Una capa de mezcla semiconductor pelable no metálica aplicada por extrusión, asociada a una corona de alambre y contraespira de cobre.
- **Cubierta:** Compuesto termoplástico a base de poliolefina y sin contenido de componentes clorados u otros contaminantes.
- **Tipos de conductores:** Los propuestos en la siguiente tabla: (En la página siguiente).

La línea subterránea en M.T. se llevará a cabo mediante cable unipolar seco y cubierta especial HEPR (Z1) 20 KV de 150 mm<sup>2</sup> de sección de aluminio. Establecida como sección mínima por la empresa distribuidora.

Sección	Tensión nominal	Resistencia máxima	Reactancia por fase	Capacidad
(mm <sup>2</sup> )	(kV)	(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)
150	12/20	0,277	0,112	0,368
240		0,169	0,105	0,453
400		0,107	0,098	0,536

**Tabla 1.3: Características eléctricas de los cables de la instalación de M.T.**  
(VER TABLA: Características cables con aislamiento Etileno Propileno de Alto Módulo HEPR. Tabla 2ª MT.2.31.01)

En nuestro caso el conductor escogido entre los tres que nos propone Iberdrola es el de sección 150 mm<sup>2</sup> tipo Al HEPRZ1 12/20 KV 1x150 mm<sup>2</sup>, con las siguientes características:

Características	Unidades
Peso del cable	2190 Kg/Km
Carga de rotura	18 N/mm <sup>2</sup>
Sección del Aluminio	150 mm <sup>2</sup>
Sección de Cobre	16 mm <sup>2</sup>
Radio mín. curv	20xØ mm
Diámetro exterior	30,4 mm
Resistencia 105°C	0.277 Ω/Km
Reactancia	0,112 Ω/Km
Capacidad	0,368 µF/Km

**Tabla 1.4: Características generales del cable de Media Tensión.**

#### **1.8.2.2.2. Aislamientos.**

Los conductores serán aislados en seco para una tensión de 20 KV. El **aislamiento** será de **Etileno-Propileno de Alto Módulo (HEPR)**, siendo la **cubierta** de **Poliolefina Termoplástica**.

Se trata de un material que resiste perfectamente la acción de la humedad y además posee la estructura de una goma. Es un cable idóneo para instalaciones subterráneas en suelos húmedos, incluso por debajo del nivel freático. Debido a su reducido diámetro y a la mejor manejabilidad de la goma HEPR, es un cable adecuado para instalaciones en las que el recorrido sea muy sinuoso.

#### **1.8.2.2.3. Accesorios.**

Los empalmes y terminales serán adecuados a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberá aumentar la resistencia eléctrica de éstos. Los terminales deberán ser, asimismo, adecuados a las características ambientales (interior, exterior, contaminación, etc.).

Los empalmes y terminales se realizarán siguiendo el manual técnico de Iberdrola correspondiente cuando exista, o en su defecto, las instrucciones del fabricante.

Como tubo para la canalización se emplearán tubos PVC 160 de diámetro corrugado de doble pared con interior liso de las siguientes características:

Características	Unidades
Diámetro nominal	160 mm
Diámetro nominal exterior	160 + 2,9-0 mm
IP	54
R. compresión	>450 N
R. impacto	N (Uso normal)
Norma fabricación	UNE-EN 50086-2-4

**Tabla 1.5: Características mecánicas del tubo para la canalización.**

Los tubos irán hormigonados en todo su recorrido con hormigón de planta de H=125.

#### ***1.8.2.2.4. Protecciones eléctricas de principio y fin de línea.***

Al inicio de la línea en punto de acometida se colocarán las debidas protecciones contra **sobretensiones** y **cortocircuitos**.

La línea al final irá conectada a un centro de transformación con las debidas protecciones en sus celdas de Media Tensión. El anillo que enlazará todos los centros de transformación, irá protegido para la salida y entrada de la línea mediante las celdas de Media Tensión correspondientes a cada centro de transformación.

#### ***1.8.2.3. Zanjas y sistema de enterramiento.***

La **Línea Subterránea de Media Tensión** irá directamente **enterrada bajo** la **acera** a una profundidad de 1 metro y una anchura como mínimo de 0,35 metros. Nunca se instalará bajo la calzada excepto en los cruces, y evitando siempre los ángulos pronunciados.

Los cruces de las calzadas serán perpendiculares al eje de la calzada o vial e irán con tubos de 160 mm de diámetro para introducir los cables. Por otra parte se colocarán arquetas cada 40 metros para la inspección y tendido de los conductores.

#### ***1.8.2.3.1. Medidas de señalización y seguridad.***

---

- **Disposición de canalización directamente enterrada**

A una distancia mínima del suelo de 0,10 metros y a la parte superior del cable de 0.25 m se colocará una cinta de señalización como advertencia de la presencia de cables eléctricos, también se pondrá un tubo de 160 mm de diámetro como protección mecánica, éste podrá ser usado como conducto de cables de control y redes multimedia.

- **Disposición de canalización directamente enterrada en cruces**

La canalización deberá tener una señalización colocada de la misma forma que la indicada en el apartado anterior o marcado sobre el propio tubo, para advertir de la presencia de cables de alta tensión.

#### ***1.8.2.4. Puesta a Tierra.***

---

- **Puesta a tierra de las cubiertas metálicas**

Se conectarán a tierra las pantallas y armaduras de todas las fases en cada uno de los extremos y en puntos intermedios. Esto garantiza que no existan tensiones inducidas en las cubiertas metálicas.

- **Pantallas**

En el caso de pantallas de cables unipolares se conectarán las pantallas a tierra en ambos extremos. Se pondrá a tierra las pantallas metálicas de los cables al realizar cada uno de los empalmes y terminaciones. De esta forma, en el caso de un defecto a masa lejano, se evitará la transmisión de tensiones peligrosas.

#### ***1.8.3. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.***

---

Los Centros de Transformación constan de una única envolvente, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica, máquinas y demás equipos, así como el transformador de potencia.

Para el diseño de estos centros de transformación se han observado todas las normativas antes indicadas, teniendo en cuenta las distancias necesarias para pasillos y accesos, al igual que las distancias mínimas entre elementos en tensión que se detallan en el vigente reglamento de alta tensión.

Las dimensiones interiores del C.T.C. deben permitir:



- El movimiento y colocación en su interior de los elementos y maquinaria necesarios para la realización adecuada de la instalación eléctrica.
- La ejecución de maniobras propias de su explotación y operaciones de mantenimiento en condiciones óptimas de seguridad para las personas que lo realicen.

Los CT deberán cumplir las siguientes condiciones:

- No contendrá canalizaciones ajenas al CT, tales como agua, aire, gas, teléfonos, etc.
- Será construido enteramente con materiales no combustibles.
- Los elementos delimitadores del CT (muros, tabiques, cubiertas, etc), así como los estructurales en él contenidos (vigas, pilares, etc) tendrán una resistencia al fuego de acuerdo con la NBE CPI-96 y los materiales constructivos del revestimiento interior (paramentos, pavimento y techo) serán de clase M0 de acuerdo con la Norma UNE 23727.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior. Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

Bajo la solera se disponen los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión.

#### ***1.8.3.1. Generalidades.***

---

A continuación, se describirán todas las partes de las que se componen tanto los Centros de Transformación **PFU** como los **mini-BLOK**.

##### ***1.8.3.1.1. EDIFICIO DE TRANSFORMACIÓN: PFU-5/20.***

---

###### **Descripción**

Los Edificios PFU para Centros de Transformación, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), constan de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la apartamentada de MT, hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.

La principal ventaja que presentan estos edificios prefabricados es que tanto la construcción como el montaje y equipamiento interior pueden ser realizados íntegramente en fábrica, garantizando con ello una calidad uniforme y reduciendo considerablemente los trabajos de obra civil y montaje en el punto de instalación. Además, su atractivo diseño permite su instalación tanto en zonas de carácter industrial como en entornos urbanos.

#### ***1.8.3.1.1.1. Características de los materiales.***

- **Envolvente**

La envolvente de estos centros es de hormigón armado vibrado. Se compone de dos partes: una que aglutina el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm<sup>2</sup>. Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kΩ respecto de la tierra de la envolvente.

Las cubiertas están formadas por piezas de hormigón con inserciones en la parte superior para su manipulación.

En la parte inferior de las paredes frontal y posterior se sitúan los orificios de paso para los cables de MT y BT. Estos orificios están semiperforados, realizándose en obra la apertura de los que sean necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos orificios semiperforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

El espacio para el transformador, diseñado para alojar el volumen de líquido refrigerante de un eventual derrame, dispone de dos perfiles en forma de "U", que se pueden deslizar en función de la distancia entre las ruedas del transformador.

- **Placa piso**

Sobre la placa base y a una altura de unos 400 mm se sitúa la placa piso, que se sustenta en una serie de apoyos sobre la placa base y en el interior de las paredes, permitiendo el paso de cables de MT y BT a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

- **Accesos**

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso de peatones, las puertas del transformador (ambas con apertura de 180°) y las rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

Las puertas de acceso disponen de un sistema de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento para evitar aperturas intempestivas de las mismas del Centro de Transformación. Para ello se utiliza una cerradura de diseño ORMAZABAL que anclan las puertas en dos puntos, uno en la parte superior y otro en la parte inferior.

- **Ventilación**

Las rejillas de ventilación natural están formadas por lamas en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro de Transformación y se complementa cada rejilla interiormente con una malla mosquitera.

- **Acabado**

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura acrílica rugosa de color blanco en las paredes y marrón en el perímetro de la cubierta o techo, puertas y rejillas de ventilación.

Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

- **Cimentación**

Para la ubicación de los edificios PFU para Centros de Transformación es necesaria una excavación, cuyas dimensiones variarán en función de la solución adoptada para la red de tierras, sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de 100 mm de espesor.

- **Calidad**

Estos edificios prefabricados han sido acreditados con el Certificado de Calidad ISO 9001.

- **Varios**

Sobrecargas admisibles y condiciones ambientales de funcionamiento según normativa vigente.

- **Alumbrado**

El equipo va provisto de alumbrado conectado y gobernado desde el cuadro de BT, el cual dispone de un interruptor para realizar dicho cometido.

**1.8.3.1.1.2. Características detalladas PFU-5/20.**

Características detalladas	
Nº transformadores	1
Nº reserva de celdas	1
Tipo de ventilación	Normal
Puertas de acceso peatón	1 puerta

**Tabla 1.6: Características detalladas del centro de transformación PFU.**  
(VER TABLA: Sistema modular y compacto con aislamiento integral en gas- Ormazabal)

Dimensiones exteriores	
Longitud	6080 mm
Fondo	2380 mm
Altura	3045 mm
Altura vista	2585 mm
Peso	17460 kg

**Tabla 1.7: Dimensiones exteriores del centro de transformación PFU.**  
(VER TABLA: Sistema modular y compacto con aislamiento integral en gas- Ormazabal)

Dimensiones Interiores	
Longitud	5900mm
Fondo	2200mm
Altura	2355mm

**Tabla 1.8: Dimensiones interiores del centro de transformación PFU.**  
(VER TABLA: Sistema modular y compacto con aislamiento integral en gas- Ormazabal)

Dimensiones Excavación	
Longitud	5900mm
Fondo	2200mm
Altura	2355mm

**Tabla 1.9: Dimensiones de excavación del centro de transformación PFU.**  
(VER TABLA: Sistema modular y compacto con aislamiento integral en gas- Ormazabal)

#### ***1.8.3.1.1.3. Instalación Eléctrica.***

La red de la cual se alimenta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 20 kV, nivel de aislamiento según la MIE-RAT 12, y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 350 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 10,1 kA eficaces.

#### ***1.8.3.1.1.4. Características de la Aparata de Media Tensión.***

### **CELDA CGMCOSMOS**

**Sistema de celdas de Media Tensión modulares** bajo envolvente metálica de aislamiento integral en gas SF<sub>6</sub> de acuerdo a la normativa UNE-EN 62271-200 para instalación interior, clase - 5 °C según IEC 62271-1, hasta una altitud de 2000 m sobre el nivel del mar sin mantenimiento con las siguientes características generales estándar:

- **Construcción**
  - Cuba de acero inoxidable de sistema de presión sellado, según IEC 62271-1, conteniendo los elementos del circuito principal sin necesidad de reposición de gas durante 30 años.
  - 3 Divisores capacitivos de 24 kV.
  - Bridas de sujeción de cables de Media Tensión diseñadas para sujeción de cables unipolares de hasta 630 mm<sup>2</sup> y para soportar los esfuerzos electrodinámicos en caso de cortocircuito.
  - Alta resistencia a la corrosión, soportando 150 h de niebla salina en el mecanismo de maniobra según norma ISO 7253.
- **Seguridad**
  - Enclavamientos propios que no permiten acceder al compartimento de cables hasta haber conectado la puesta de tierra, ni maniobrar el equipo con la tapa del compartimento de cables retirada. Del mismo modo, el interruptor y el seccionador de puesta a tierra no pueden estar conectados simultáneamente.
  - Enclavamientos por candado independientes para los ejes de maniobra del interruptor y de seccionador de puesta a tierra, no pudiéndose retirar la tapa del compartimento de mecanismo de maniobras con los candados colocados.
  - Posibilidad de instalación de enclavamientos por cerradura independientes en los ejes de interruptor y de seccionador de puesta a tierra.

- Inundabilidad: Equipo preparado para mantener servicio en el bucle de Media Tensión en caso de una eventual inundación de la instalación soportando ensayo de 3 m de columna de agua durante 24 h.
- **Grados de Protección**
  - Celda / Mecanismos de Maniobra: IP 2XD según EN 60529
  - Cuba: IP X7 según EN 60529
  - Protección a impactos en:
    - cubiertas metálicas: IK 08 según EN 5010
    - cuba: IK 09 según EN 5010
- **Conexión de cables**
  - La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas estándar.
- **Enclavamientos**

La función de los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGMCOSMOS es que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

Características Eléctricas	
Tensión Nominal nivel de aislamiento	24 kV
Frecuencia industrial (1min) a tierra y entre fases	50 kV
Frecuencia industrial (1min) a la distancia de seccionamiento	60 kV
Impulso tipo rayo a tierra y entre fases	125 kV
Impulso tipo rayo a la distancia de seccionamiento	145 kV

**Tabla 1.10: Características de la aparatura eléctrica de Media Tensión.**

**(VER TABLA: Sistema modular y compacto con aislamiento integral en gas- Ormazabal)**

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica, etc.

#### 1.8.3.1.1.5. Características Descriptivas de aparamenta MT y Transformadores.

##### 1. Celda: CGMCOSMOS-L Interruptor-seccionador .

Celda con **envolvente metálica**, fabricada por **ORMAZABAL**, formada por un módulo con las siguientes características:

La **celda CGMCOSMOS-L de línea**, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos ekorVPIS para la detección de tensión en los cables de acometida y alarma sonora de prevención de puesta a tierra ekorSAS.

Características Eléctricas	
Tensión asignada	24 Kv
Corriente asignada	400 A
Intensidad de corta duración (1 seg), eficaz	16 kA
Intensidad de corta duración (1 seg), cresta	40 kA
Nivel de aislamiento- frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases	28 kV
Nivel de aislamiento- impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta)	75 kV
Capacidad de cierre (cresta)	40 kA
Capacidad de corte Corriente principalmente	400 A

**Tabla 1.11: Características eléctricas de la celda.**

(VER TABLA: Sistema modular y compacto con aislamiento integral en gas- Ormazabal)

Características Físicas	
Ancho	365 mm
Fondo	735 mm
Alto	1740 mm
Peso	95 kg

**Tabla 1.12: Características físicas de la celda.**

(VER TABLA: Sistema modular y compacto con aislamiento integral en gas- Ormazabal)

- **Otras características constructivas:**
  - Mecanismo de maniobra interruptor: Manual tipo B.

## 2. Celda: Seccionamiento Compañía: CGMCOSMOS-S Interruptor pasante.

Celda con **envolvente metálica**, fabricada por **ORMAZABAL**, formada por un módulo con las siguientes características:

La **celda CGMCOSMOS-S de interruptor pasante** está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, interrumpido por un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, para aislar las partes izquierda y derecha del mismo y puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

Características Eléctricas	
Tensión asignada	24 kV
Corriente asignada	400 A
Intensidad de corta duración (1 seg), eficaz	16 kA
Intensidad de corta duración (1 seg), cresta	40 kA
Nivel de aislamiento- frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases	50 kV
Nivel de aislamiento- impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta)	125 kV
Capacidad de cierre (cresta)	40 kA
Capacidad de corte Corriente principalmente	400 A

**Tabla 1.13: Características eléctricas de la celda.**

(VER TABLA: Sistema modular y compacto con aislamiento integral en gas- Ormazabal)

Características Físicas	
Ancho	450 mm
Fondo	735 mm
Alto	1740 mm
Peso	105 kg

**Tabla 1.14: Características físicas de la celda.**

(VER TABLA: Sistema modular y compacto con aislamiento integral en gas- Ormazabal)

- **Otras características constructivas:**
- Mando interruptor: Manual tipo B.



### 3. Celda: Protección Transformador: CGMCOSMOS-P Protección fusibles.

Celda con **envolvente metálica**, fabricada por **ORMAZABAL**, formada por un módulo con las siguientes características:

La **celda CGMCOSMOS-P de protección con fusibles**, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor.

Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar una de alarma sonora de prevención de puesta a tierra ekorSAS, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

Características Eléctricas	
Tensión asignada	24 kV
Corriente asignada en el embarrado	400 A
Corriente asignada en la derivación	200 A
Intensidad fusibles	3x25 A
Intensidad de corta duración (1 seg), eficaz	16 kA
Intensidad de corta duración (1 seg), cresta	40 kA
Nivel de aislamiento- frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases	50 kV
Nivel de aislamiento- impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta)	125 kV
Capacidad de cierre (cresta)	40 kA
Capacidad de corte Corriente principalmente	400 A

**Tabla 1.15: Características eléctricas de la celda.**

(VER TABLA: Sistema modular y compacto con aislamiento integral en gas- Ormazabal)

Características Físicas	
Ancho	470 mm
Fondo	735 mm
Alto	1740 mm
Peso	140 kg

**Tabla 1.16: Características físicas de la celda.**

(VER TABLA: Sistema modular y compacto con aislamiento integral en gas- Ormazabal)

○ **Otras características constructivas:**

- Mando posición con fusibles: Manual tipo BR.
- Combinación interruptor-fusibles: Combinados.

**Transformador: Transformador aceite 24 kV**

Transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, de marca COTRADIS, con neutro accesible en el secundario, de potencia 400 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2).

Características constructivas	
Regulación en el primaria	+2.5% +5% +7.5% +10%
Tensión de cortocircuito	4%
Grupo de conexión	Dyn 11
Protección incorporada al transformador	Termómetro

**Tabla 1.17: Características constructivas del transformador de aceite.  
(VER TABLA: Transformadores Eléctricos de Distribución-Ormazabal)**

***1.8.3.1.1.6. Características Descriptivas de los Cuadros de Baja Tensión.***

**Cuadros BT-B2: Transformador: CBTO-C**

El **Cuadro de Baja Tensión** CBTO-C, es un conjunto de aparamenta de BT cuya función es **recibir** el **circuito principal** de **BT** procedente del transformador MT/BT y **distribuirlos** en un número determinado de **circuitos individuales**.

La estructura del cuadro CBTO-C de ORMAZABAL está compuesta por un bastidor aislante, en el que se distinguen las siguientes zonas:

○ **Zona de acometida, medida y de equipos auxiliares**

En la parte superior de CBTO-C existe un compartimento para la acometida al mismo, que se realiza a través de un pasamuros tetrapolar, evitando la penetración del agua al interior. CBTO incorpora 4 seccionadores unipolares para seccionar las barras.

○ **Zona de salidas**

Está formada por un compartimento que aloja exclusivamente el embarrado y los elementos de protección de cada circuito de salida. Esta protección se encomienda a fusibles de la intensidad máxima más adelante citada, dispuestos en bases trifásicas verticales cerradas (BTVC) pero maniobradas fase a fase, pudiéndose realizar las maniobras de apertura y cierre en carga.

Características Eléctricas	
Tensión asignada de empleo	440 V
Tensión asignada de aislamiento	500 V
Corriente asignada en los embarrados	1600 A
Frecuencia asignada	50 Hz
Intensidad asignada de corta duración (1 seg)	24 kA
Intensidad asignada de cresta	50.5 kA
Nivel de aislamiento- frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases	10 kV
Nivel de aislamiento- impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta)	2.5 kV
Salidas de Baja Tensión	5x400 A

**Tabla 1.18: Características eléctricas de los Cuadros de Baja Tensión.**  
(VER TABLA: Cuadros de Baja Tensión- Ormazabal)

Características Físicas	
Ancho	1000 mm
Fondo	350 mm
Alto	1360 mm

**Tabla 1.19: Características físicas de los Cuadros de Baja Tensión.**  
(VER TABLA: Cuadros de Baja Tensión- Ormazabal)

***1.8.3.1.1.7. Características del material vario de Media Tensión y Baja Tensión.***

El material vario del Centro de Transformación es aquel que, aunque forma parte del conjunto del mismo, no se ha descrito en las características del equipo ni en las características de la aparamenta.

○ **Interconexiones de MT:**

- Puentes MT Transformador 1: **Cables MT 12/20 kV**
- Cables MT 12/20 kV del tipo DHZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x50 Al.
- La terminación al transformador es EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR.

- En el otro extremo, en la celda, es EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable recta y modelo K152SR.
  - **Interconexiones de BT:**
    - Puentes BT - B2 Transformador 1: **Puentes transformador-cuadro**
    - Juego de puentes de cables de BT, de sección y material Al (Polietileno Reticulado) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3xfase + 2xneutro.
  - **Defensa de transformadores:**
    - Defensa de Transformador 1: **Protección física transformador**
    - Protección metálica para defensa del transformador.
  - **Equipos de iluminación:**
    - Iluminación Edificio de Transformación: **Equipo de iluminación**
    - Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los centros.
    - Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.

#### ***1.8.3.1.1.8. Medida de la energía eléctrica.***

---

Al tratarse de un Centro de Distribución público, no se efectúa medida de energía en MT.

#### ***1.8.3.1.1.9. Unidades de protección, automatismo y control.***

---

Este proyecto no incorpora automatismos ni relés de protección.

#### ***1.8.3.1.1.10. Puesta a Tierra.***

---

- **Tierra de protección**

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc., así como la armadura del edificio (si éste es prefabricado). No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior.

- **Tierra de servicio**

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado.

#### ***1.8.3.1.1.11. Instalaciones secundarias.***

---

- Armario de primeros auxilios.

El Centro de Transformación cuenta con un armario de primeros auxilios.

- Medidas de seguridad.

Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:

- No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.
- Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.
- Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.
- Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.
- El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de MT y BT. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

#### **1.8.3.1.2. EDIFICIO DE TRANSFORMACIÓN: mini-BLOK.**

##### **1.8.3.1.2.1 Características de los Materiales.**

---

- **Descripción**

- Mini-BLOK es un Centro de Transformación compacto compartimentado, de maniobra exterior, diseñado para redes públicas de distribución eléctrica en Media Tensión (MT).
- Mini-BLOK es aplicable a redes de distribución de hasta 36 kV, donde se precisa de un transformador de hasta 630 kVA.
- Consiste básicamente en una envolvente prefabricada de hormigón de reducidas dimensiones, que incluye en su interior un equipo compacto de MT, un transformador, un cuadro de BT y las correspondientes interconexiones y elementos auxiliares. Todo ello se suministra ya montado en fábrica, con lo que se asegura un acabado uniforme y de calidad.
- El esquema eléctrico disponible en MT cuenta con 2 posiciones de línea (entrada y salida) y una posición de interruptor combinado con fusibles para la maniobra y protección del transformador, así como un cuadro de BT con salidas protegidas por fusibles.
- La concepción de estos centros, que mantiene independientes todos sus componentes, limita la utilización de líquidos aislantes combustibles, a la vez que facilita la sustitución de cualquiera de sus componentes.
- Así mismo, la utilización de apartamento de MT con aislamiento integral en gas reduce la necesidad de mantenimiento y le confiere unas excelentes características de resistencia a la polución y a otros factores ambientales, e incluso a la eventual inundación del Centro de Transformación.

- **Envolvente**

- Los edificios prefabricados de hormigón para mini-BLOK están formados por una estructura monobloque, que agrupa la base y las paredes en una misma pieza garantizando una total impermeabilidad del conjunto y por una cubierta movable.
- Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm<sup>2</sup>. Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kΩ respecto de la tierra de la envolvente.
- En la parte frontal dispone de dos orificios de salida de cables de 150 mm de diámetro para los cables de MT y de cinco agujeros para los cables de BT, pudiendo disponer además en cada lateral de otro orificio de 150 mm de diámetro. La apertura de los mismos se realizará en obra utilizando los que sean necesarios para cada aplicación.

Nº de transformadores	1
Puertas de acceso al peatón	1 puerta

**Tabla 1.20: Características generales del centro de transformación mini-BLOK.**  
(VER TABLA: Centros de Transformación Prefabricados Compactos- Ormazabal)

Dimensiones interiores	
Longitud	1940 mm
Fondo	1980 mm
Altura	1550 mm

**Tabla 1.21: Dimensiones interiores del centro de transformación mini-BLOK.**  
(VER TABLA: Centros de Transformación Prefabricados Compactos- Ormazabal)

Características excavación	
Longitud	4300 mm
Fondo	4300 mm
Altura	800 mm

**Tabla 1.22: Dimensiones interiores del centro de transformación mini-BLOK.**  
(VER TABLA: Centros de Transformación Prefabricados Compactos- Ormazabal)

Dimensiones exteriores	
Longitud	2100 mm
Fondo	2100 mm
Altura	2240 mm
Altura vista	1540 mm
Peso	7500 kg

**Tabla 1.23: dimensiones exteriores del centro de transformación mini-BLOK.**  
(VER TABLA: Centros de Transformación Prefabricados Compactos- Ormazabal)

#### ***1.8.3.1.2.2. Instalación eléctrica.***

La red de la cual se alimenta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 20 kV, nivel de aislamiento según la MIE-RAT 12, y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 350 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 14,10 kA eficaces.

#### ***1.8.3.1.2.3. Características de la Aparamenta de Media Tensión.***

##### **Celdas: CGMCOSMOS-2L1P**

El **sistema CGMCOSMOS** está compuesto **2 posiciones de línea** y **1 posición de protección** con fusibles, con las siguientes características:

- **Construcción**

El sistema CGMCOSMOS compacto es un equipo para MT, integrado y totalmente compatible con el sistema CGMCOSMOS modular, extensible "in situ" a izquierda y derecha. Sus embarrados se conectan utilizando unos elementos de unión patentados por ORMAZABAL y denominados ORMALINK, consiguiendo una conexión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad, inundación, etc.). Incorpora tres funciones por cada módulo en una única cuba llena de gas, en la cual se encuentran los aparatos de maniobra y el embarrado.

- **Base y frente**

La base está diseñada para soportar al resto de la celda, y facilitar y proteger mecánicamente la acometida de los cables de MT. La tapa que los protege es independiente para cada una de las tres funciones. El frente presenta el mímico unifilar del circuito principal y los ejes de accionamiento de la aparamenta a la altura idónea para su operación.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda, los accesos a los accionamientos del mando y el sistema de alarma sonora de puesta a tierra. En la parte inferior se encuentra el dispositivo de señalización de presencia de tensión y el panel de acceso a los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

Lleva además un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

La tapa frontal es común para las tres posiciones funcionales de la celda.

- **Cuba**

La cuba, fabricada en acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles, y el gas se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,15 bar (salvo para celdas especiales). El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de



operación segura durante toda su vida útil, sin necesidad de reposición de gas.

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno, permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así, con ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas, cables o la aparamenta del Centro de Transformación.

La cuba es única para las tres posiciones con las que cuenta la celda CGMCOSMOS y en su interior se encuentran todas las partes activas de la celda (embarrados, interruptor-seccionador, puestas a tierra, tubos portafusibles).

- **Interruptor/Seccionador/Seccionador de puesta a tierra**

Los interruptores disponibles en el sistema CGMCOSMOS compacto tienen tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra.

La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesto a tierra).

- **Mando**

Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual o motorizada.

- **Fusibles (Celda CGMCOSMOS-P)**

En las celdas CGMCOSMOS-P, los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusibles de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior. El disparo se producirá por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de los tubos portafusibles se eleve debido a un fallo en los fusibles o al calentamiento excesivo de éstos. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida.

### **Conexión de cables**

La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas estándar.

- **Enclavamientos**

La función de los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGMCOSMOS es que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y

recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.

- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

Características Eléctricas	
Tensión nominal	24 kV
Impulso tipo rayo a tierra y entre fases	125 kV
Impulso tipo rayo a la distancia de seccionamiento	145 kV
Nivel de aislamiento- frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases	50 kV
Nivel de aislamiento- frecuencia industrial (1 min) a la distancia de seccionamiento	60 kV

**Tabla 1.24: Características de la aparamenta eléctrica de Media Tensión.**  
(VER: Apartado 7: Características de los Materiales MT 2.31.01)

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica, etc.

#### **1.8.3.1.2.4. Características Descriptivas de la Aparamenta MT y Transformadores.**

##### **E/S1,E/S2,PT1: CGMCOSMOS-2LP**

Celda compacta con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por varias posiciones con las siguientes características:

CGMCOSMOS-2LP es un equipo compacto para MT, integrado y totalmente compatible con el sistema CGMCOSMOS.

La celda CGMCOSMOS-2LP está constituida por tres funciones: dos de línea o interruptor en carga y una de protección con fusibles, que comparten la cuba de gas y el embarrado.

Las posiciones de línea, incorporan en su interior una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables.

Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

La posición de protección con fusibles incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador igual al antes descrito, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados con ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

#### Transformador 1: Transformador aceite 24 kV

Características constructivas	
Regulación en el primaria	+2.5% +5% +7.5% +10%
Tensión de cortocircuito	4%
Grupo de conexión	Dyn 11
Protección incorporada al transformador	Termómetro

**Tabla 1.25: Características constructivas del transformador de aceite.**  
**(VER TABLA: Transformadores Eléctricos de Distribución-Ormazabal)**

Transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, de marca COTRADIS, con neutro accesible en el secundario, de potencia 400 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2).

#### **1.8.3.1.2.5. Características Descriptivas de los Cuadros de Baja Tensión.**

##### **Cuadros BT - Transformador: CBTO-C.**

El **Cuadro de Baja Tensión** CBTO-C, es un conjunto de aparamenta de BT cuya **función** es **recibir el circuito principal** de BT procedente del transformador MT/BT y **distribuirlo** en un número determinado de **circuitos individuales**.

La estructura del cuadro CBTO-C de ORMAZABAL está compuesta por un bastidor aislante, en el que se distinguen las siguientes zonas:

- **Zona de acometida, medida y de equipos auxiliares**

En la parte superior de CBTO-C existe un compartimento para la acometida al mismo, que se realiza a través de un pasamuros tetrapolar, evitando la penetración del agua al interior. CBTO incorpora 4 seccionadores unipolares para seccionar las barras.

○ **Zona de salidas**

Está formada por un compartimento que aloja exclusivamente el embarrado y los elementos de protección de cada circuito de salida. Esta protección se encomienda a fusibles de la intensidad máxima más adelante citada, dispuestos en bases trifásicas verticales cerradas (BTVC) pero maniobradas fase a fase, pudiéndose realizar las maniobras de apertura y cierre en carga.

Características Físicas	
Ancho	1000 mm
Fondo	350 mm
Alto	1360 mm

**Tabla 1.26: Características físicas de los Cuadros de Baja Tensión.**  
(VER TABLA: Cuadros de Baja Tensión-Ormazabal)

Características Eléctricas	
Tensión asignada de empleo	440 V
Tensión asignada de aislamiento	500 A
Intensidad de corta duración (1 seg), eficaz	24 kA
Corriente asignada en los embarrados	1600 A
Frecuencia asignada	50 Hz
Intensidad asignada de cresta	50.5 kA
Nivel de aislamiento- frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases	10 kV
Nivel de aislamiento- impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta)	2.5 kV
Salidas de Baja Tensión	5 x 400 A

**Tabla 1.26: Características eléctricas de los Cuadros de Baja Tensión.**  
(VER TABLA: Cuadros de Baja Tensión-Ormazabal)

**1.8.3.1.2.6. Características del material vario de Media Tensión y Baja Tensión.**

El material vario del Centro de Transformación es aquel que, aunque forma parte del conjunto del mismo, no se ha descrito en las características del equipo ni en las características de la aparamenta.

○ **Interconexiones de MT**

En el otro extremo, en la celda, es EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR.

- **Interconexiones de BT**

Puentes BT - B2 Transformador 1: **Puentes transformador-cuadro**

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material Cu (Etileno-Propileno) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 2xfase + 1xneutro.

- **Equipos de iluminación**

Iluminación Edificio de Transformación: **Equipo de iluminación**

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los centros.

#### ***1.8.3.1.2.7. Medida de la energía eléctrica.***

---

Al tratarse de un Centro de Distribución público, no se efectúa medida de energía en MT.

#### ***1.8.3.1.2.8. Unidades de protección, automatismo y control.***

---

Este proyecto no incorpora automatismos ni relés de protección.

#### ***1.8.3.1.2.9. Puesta a Tierra.***

---

- **Tierra de protección**

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc., así como la armadura del edificio (si éste es prefabricado). No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior.

- **Tierra de servicio**

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado.

#### ***1.8.3.1.2.10. Instalaciones secundarias.***

- **Alumbrado**

El interruptor se situará al lado de la puerta de acceso, de forma que su accionamiento no represente peligro por su proximidad a la MT.

El interruptor accionará los puntos de luz necesarios para la suficiente y uniforme iluminación de todo el recinto del centro.

- **Medidas de seguridad**

Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:

- No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.
- Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.
- Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.
- Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.
- El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de MT y BT. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

***Cálculos Eléctricos  
Justificativos.***

**ÍNDICE DE LOS CÁLCULOS ELÉCTRICOS JUSTIFICATIVOS.**

**2. CÁLCULOS ELÉCTRICOS JUSTIFICATIVOS.**

**2.1. Programa de necesidades y potencia instalada en kVA. --- 11**

**CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA RED SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN.**

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 1: ANILLO 1. --- 16**

**2.2. Potencias conectadas en el ANILLO 1 del CT 1 (7 CARGAS). --  
... 16**

**2.2.1. Determinación del punto de mínima tensión. --- 17**

**2.2.2. RAMA 1 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CT1 hasta CGP7 (3  
CARGAS). --- 18**

**2.2.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de  
protección. -- 18**

**2.2.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por  
criterio de calentamiento. ---21**

**2.2.3. RAMA 2 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CT1 hasta CGP9 (4  
CARGAS). --- 27**

**2.2.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de  
protección. --27**

**2.2.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por  
criterio de calentamiento. --- 31**

**2.2.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2. --- 37**

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 1: ANILLO 2. ---39**

**2.3. Potencias conectadas en el ANILLO 1 del CT 1 (7 CARGAS).  
--- 39**



**2.3.1. Determinación del punto de mínima tensión. --- 41**

**2.3.2. RAMA 1 del ANILLO 2  $\infty$  va desde CT2 hasta CGP14 (4 CARGAS). --- 42**

**2.3.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. --46**

**2.3.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 49**

**2.3.3. RAMA 2 del ANILLO 2  $\infty$  va desde CT2 hasta CGP15 (4 CARGAS). --- 52**

**2.3.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. -- 52**

**2.3.3.2 .Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 55**

**2.3.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2. --- 62**

---

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2: ANILLO 1. --- 65**

---

**2.4. Potencias conectadas en el ANILLO 1 del CT 2 (7 CARGAS). -  
--- 65**

**2.4.1. Determinación del punto de mínima tensión. ---67**

**2.4.2. RAMA 1 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CT2 hasta CGP9 (4 CARGAS). ---68**

**2.4.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. --68**

**2.4.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 72**

**2.4.3. RAMA 2 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CT2 hasta CGP7 (3 CARGAS) --- 78**

**2.4.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. --.78**

**2.4.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. ---81**

**4.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2. ---88**

---

---

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2: ANILLO 2. ---90**

---

**2.5. Potencias conectadas en el ANILLO 1 del CT 2 (12 CARGAS).  
---90**

**2.5.1. Determinación del punto de mínima tensión. ---92**

**2.5.2. RAMA 1 del ANILLO 2  $\infty$  va desde CT2 hasta CGP14 (7 CARGAS) ---93**

**2.5.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. ---93**

**2.5.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. ---97**

**2.5.3. RAMA 2 del ANILLO 2  $\infty$  va desde CT1 hasta CGP13 (5 CARGAS) ---104**

**2.5.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. ---104**

**2.5.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. ---108**

**2.5.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2. ---114**

---

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 3: ANILLO 1. --- 115**

---

**2.6. Potencias conectadas en el ANILLO 1 del CT 3 (17 CARGAS).  
--- 116**

**2.6.1. Determinación del punto de mínima tensión. --- 118**

**2.6.2. RAMA 1 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CT3 hasta CGP9 (9 CARGAS). ---1 19**

**2.6.2.1. Determinación de sección del conductor y del fusible de protección. ---119**

**2.6.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. -- ...124**

**2.6.3. RAMA 2 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CT3 hasta CGP10 (8 CARGAS). --- 13**

**2.6.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. ---131**

**2.6.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 135**

---

---

**2.6.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2. --... 141**

---

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 3: ANILLO 2 --... 143**

---

**2.7. Potencias conectadas en el ANILLO 2 del CT 3 (16 CARGAS). --... 143**

**2.7.1. Determinación del punto de mínima tensión. --... 145**

**2.7.2. RAMA 1 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CT3 hasta CGP23 (7 CARGAS). --... 146**

**2.7.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección --...146**

**2.7.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --... 150**

**2.7.3. RAMA 2 del ANILLO 2  $\infty$  va desde CT3 hasta CGP10 (9 CARGAS). --... 157**

**2.6.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. --... 157**

**2.7.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --... 161**

**2.7.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2. --... 168**

---

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 4: ANILLO 1 --... 170**

---

**2.8. Potencias conectadas en el ANILLO 1 del CT 4 (19 CARGAS). --... 170**

**2.8.1. Determinación del punto de mínima tensión. --... 172**

**2.8.2. RAMA 1 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CT4 hasta CGP9 (8 CARGAS). --... 173**

**2.8.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. --... 173**

**2.8.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --... 177**

**2.8.3. RAMA 2 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CT4 hasta CGP35 (11 CARGAS). --... 183**

**2.8.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. --... 183**

---

**2.8.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 188**

**2.8.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2. --- 195**

---

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 4: ANILLO 2 --- 197**

---

**2.9. Potencias conectadas en el ANILLO 2 del CT 4 (17 CARGAS). --- 197**

**2.9.1. Determinación del punto de mínima tensión. --- 199**

**2.9.2. RAMA 1 del ANILLO 2  $\infty$  va desde CT4 hasta CGP18 (7 CARGAS). --- 200**

**2.9.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. ---200**

**2.9.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 204**

**2.9.3. RAMA 2 del ANILLO 2  $\infty$  va desde CT4 hasta CGP31 (10 CARGAS). --- 210**

**2.9.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. ---210**

**2.9.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 215**

**2.9.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2. --- 221**

---

**CENTRO DE REPARTO: ANILLO 1. --- 224**

---

**2.10. Potencias conectadas en el ANILLO 1 del CR (5 CARGAS). -  
--- 224**

**2.10.1. Determinación del punto de mínima tensión. --- 225**

**2.10.2. RAMA 1 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CR hasta CGP3 (2 CARGAS). --- 226**

**2.10.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. ---226**

**2.10.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 229**

**2.10.3. RAMA 2 del ANILLO 1  $\infty$  va desde CR hasta CM (3 CARGAS). --- 235**

---

**2.10.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. --- 235**

**2.10.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 238**

**2.10.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2. --- 244**

---

**CENTRO DE REPARTO: ANILLO 2 --- 246**

---

**2.11. Potencias conectadas en el ANILLO 2 del CR (2 CARGAS). - --- 246**

**2.11.1. Determinación del punto de mínima tensión. --- 247**

**2.11.2. RAMA 1 del ANILLO 2  $\infty$  va desde CR hasta CGP5 (1 CARGA). --- 248**

**2.11.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. --- 248**

**2.11.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 251**

**2.11.3. RAMA 2 del ANILLO 2  $\infty$  va desde CR hasta CM (1 CARGA). --- 257**

**2.11.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección. --- 257**

**2.11.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento. --- 260**

**2.11.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2. --- 266**

**2.12. Tabla con el resumen de todos los cálculos pertenecientes a Baja Tensión. --- 268**

---

**CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN.**

**2.12. LSMT ACOMETIDA – CENTRO DE REPARTO. --- 269**

---

**2.12.1. Criterios para la determinación de la sección. --- 270**

**2.12.1.1. Criterio de la sección por intensidad máxima admisible. --- 270**

**2.12.1.2. Criterio de caída de tensión. --- 273**

---

**2.12.1.3. Criterio de Intensidad máxima admisible en cortocircuito en los conductores. --- 275**

**2.12.2. Otras características eléctricas. --- 278**

**2.12.2.1. Capacidad de transporte de la línea. --- 278**

**2.12.2.2. Potencia máxima de transporte. --- 278**

**2.12.2.3. Intensidad de cortocircuito admisible en las pantallas. -  
--- 278**

**2.12.4. Tablas resultado de cálculos. --- 279**

---

## **2.13. LSMT CENTRO DE REPARTO-CT ABONADO. --- 280**

---

**2.13.1. Criterios para la determinación de la sección. --- 281**

**2.13.1.1. Criterio de la sección por intensidad máxima admisible.  
--- 281**

**2.13.1.2. Criterio de caída de tensión. --- 284**

**2.13.1.3. Criterio de Intensidad máxima admisible en cortocircuito en los conductores. --- 285**

**2.13.2. Otras características eléctricas. --- 288**

**2.13.2.1. Capacidad de transporte de la línea. --- 288**

**2.13.2.2. Potencia máxima de transporte. --- 288**

**2.13.2.3. Intensidad de cortocircuito admisible en las pantallas. -  
--- 288**

**2.13.4. Tablas resultado de cálculos. --- 290**

---

## **CÁLCULO DEL ANILLO DE MEDIA TENSIÓN.**

---

**2.14. Potencias conectadas en el ANILLO de MEDIA TENSIÓN (5 CARGAS).---291**

**2.14.1. Determinación de la sección de conductores.---292**

**2.14.2.1. Criterio de la sección por intensidad máxima admisible.---292**

---

**2.14.2.2. Cálculo de la caída de tensión de la línea.---...295**

**2.14.2.2.1. Tramo 1 del anillo de Media Tensión.---...301**

**2.14.2.2.2. Tramo 2 del anillo de Media Tensión. ---...302**

**2.14.2.2.3. Caídas de tensión del anillo por tramos.---...303**

**2.14.2.3. Criterio de Intensidad máxima admisible en cortocircuito en los conductores.---...305**

**2.14.3. Otras características eléctricas. ---...308**

**2.14.3.1. Capacidad de transporte de la línea.---...308**

**2.14.3.2. Potencia máxima de transporte por tramos. ---...308**

**2.14.4. Tablas resultado de cálculos. ---...309**

---

**CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.**

**2.15. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PFU-5/20 (CR).---...310**

---

**2.15.1. Intensidad de Media Tensión.---...310**

**2.15.2. Intensidad de Baja Tensión.---...310**

**2.15.3. Cortocircuitos. ---...311**

**2.15.3.1. Observaciones.---...311**

**2.15.3.2. Cálculo de las intensidades de cortocircuito.---...311**

**2.15.3.2.1. Cortocircuito en el lado de Media Tensión. ---...311**

**2.15.3.2.2. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.---...312**

**2.15.4. Selección de fusibles de media y baja tensión. ---...312**

**2.15.5. Dimensionado del embarrado.---...312**

**2.15.5.1. Comprobación por densidad de corriente. ---...312**

**2.15.5.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.---...312**

**2.15.5.3. Comprobación por sollicitación térmica.---...313**

**2.15.6 Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.---...313**

---

**2.15.7 Dimensionado de los puentes de MT.--...314**

**2.15.8. Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación.--...314**

**2.15.9 Dimensionado del pozo apagafuegos.--...314**

**2.15.10 Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra.--...315**

**2.15.10.1. Investigación de las características del suelo. ---...315**

**2.15.10.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.--...315**

**2.15.10.3. Diseño preliminar de la instalación de tierra.--... 315**

**2.15.10.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra. ---...316**

**2.15.10.5. Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación.--... 318**

**2.15.10.6. Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.--...319**

**2.15.10.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.--...319**

**2.15.10.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.--...320**

**2.15.10.9. Corrección y ajuste del diseño inicial.--...321**

---

**2.16. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN mini-BLOK\_24.--...322**

---

**2.16.1. Intensidad de Media Tensión.--...322**

**2.16.2. Intensidad de Baja Tensión. ---...322**

**2.16.2.1. Cortocircuitos.--...323**

**2.16.3. Observaciones. ---...323**

**2.16.3.1. Cálculo de las intensidades de cortocircuito. ---... 323**

**2.16.3.2. Cortocircuito en el lado de Media Tensión. ---...324**

**2.16.3.2.1. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión. ---...324**

**2.16.3.2.2. Dimensionado del embarrado.--...324**

---



---

<b>2.16.4 Comprobación por densidad de corriente. ---</b>	<b>324</b>
<b>2.16.4.1. Comprobación por solicitud electrodinámica. ---</b>	<b>324</b>
<b>2.16.4.2. Comprobación por solicitud térmica. ---</b>	<b>325</b>
<b>2.16.4.3. Protección contra sobrecargas y cortocircuitos. ---</b>	<b>325</b>
<b>2.16.5. Dimensionado de los puentes de MT.---</b>	<b>326</b>
<b>2.16.6. Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación. ---</b>	<b>326</b>
<b>2.16.7. Dimensionado del pozo apagafuegos. ---</b>	<b>327</b>
<b>2.16.8. Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra. ---</b>	<b>327</b>
<b>2.16.9. Investigación de las características del suelo. 327</b>	
<b>2.16.9.1. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto. ---</b>	<b>327</b>
<b>2.16.9.2. Diseño preliminar de la instalación de tierra.---</b>	<b>327</b>
<b>2.16.9.3. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra. ---</b>	<b>328</b>
<b>2.16.9.4. Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación.---</b>	<b>330</b>
<b>2.16.9.5 Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.---</b>	<b>331</b>
<b>2.16.9.6 Cálculo de las tensiones aplicadas.---</b>	<b>331</b>
<b>2.16.9.7. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.---</b>	<b>332</b>
<b>2.16.9.8. Corrección y ajuste del diseño inicial.---</b>	<b>334</b>

---

## 2. CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE BAJA TENSIÓN.

### 2.1. Programa de necesidades y potencia instalada en kVA.

A los efectos del cómputo de potencia, se tendrán en cuenta las consideraciones indicadas en la tabla siguiente:

PREVISION DE CARGAS			
PARCELA Nº	NUM. VIVIENDAS	NIVEL DE ELECTRIFICACIÓN	ESCALERAS
1	11	ELEVADA	
2	95	BASICA	9
3	97	BASICA	9
4	20	ELEVADA	
5	24	ELEVADA	
6-A	17	ELEVADA	
6-B	14	ELEVADA	
7	32	ELEVADA	
8	24	ELEVADA	
9	23	ELEVADA	
EQUIPAMIENTO SOCIAL		Previsión de 10 W/m2	
EQUIPAMIENTO EDUCATIVO		Previsión de 5 W/m2	
JARDINES		Luminaria Na HP 100 W. cada 30 m2.	
ALUMBRADO DE VIALES		DOS CENTROS DE MANDO 20 KW/UD.	

**Tabla 1.1: Previsión de cargas para la instalación eléctrica.**  
**(VER TABLA: Propuesta de Proyecto Fin de Carrera/ General)**

La potencia total correspondiente a **viviendas unifamiliares** es **1518 kW**. Ya que, disponemos de 165 viviendas con un nivel de electrificación de 9.2 kW cada una de ellas.

$$P_{EE} = 165 * 9.2 = 1518 \text{ kW}$$

La potencia asignada al nivel de electrificación básica de 5.75 kW, es **1104 kW**, un total de dos **edificios de viviendas** con 95 y 97 viviendas, respectivamente.

$$P_{EB} = (95 + 97) * 5.75 = 1104 \text{ kW}$$

La carga correspondiente a un conjunto de viviendas (para edificios de viviendas )se deberá tener en cuenta.

Nº de viviendas (N)	Coefficiente de seguridad
1	1
2	2
3	3
4	3.8
5	4.6
6	5.4
7	6.2
8	7
9	7.8
10	8.5
11	9.2
12	9.9
13	10.6
14	11.3
15	11.9
16	12.5
17	13.1
18	13.7
19	14.3
20	14.8
21	15.3
N >21	15.3 + (N-21)*0.5

**Tabla 1.2: Coeficiente de simultaneidad, según número de viviendas.**

Se obtendrá multiplicando la media aritmética de las potencias máximas previstas en cada vivienda, por el coeficiente de simultaneidad indicado en la tabla, según el número de viviendas. Esto es aplicable exclusivamente a edificios de viviendas, excluyendo a las viviendas unifamiliares tipo dúplex o casas de planta baja.

En el conjunto a estudiar disponemos de dos **garajes** con estimación de ventilación forzada, extensión del 80% de la superficie; cada uno de ellos pertenece a un edificio de viviendas, como se ha visto anteriormente. La superficie de la parcela 2 es 4067.22m<sup>2</sup>, con lo cual le corresponde una potencia de 65.075 kW. Y la superficie de la parcela 3 es 4178.45m<sup>2</sup>, con lo cual la potencia aumenta proporcional a 66.855 kW. La potencia total perteneciente a ambos garajes alcanza una suma de **131930.72 W**.

$$P_{G1} = 4067.22 * 0.80 * 20 = 65075.52 \text{ W}$$

$$P_{G2} = 4178.45 * 0.80 * 20 = 66855.2 \text{ W}$$

$$P_{GT} = 65075.52 + 66855.2 = 131930.72 \text{ W}$$

El polígono residencial cuenta con cuatro espacios reservados a **zonas verdes** o ajardinadas de equipamiento genérico a los cuales se le asigna a una luminaria Na HP de 100 W por cada 30 m<sup>2</sup>. La potencia total del conjunto de cuatros jardines asciende a **37.749 kW**

$$P_{1EL} = 3810.099 * \frac{100}{30} * 1.8 = 12700.33 \text{ W}$$

$$P_{2EL} = 3480.39 * \frac{100}{30} * 1.8 = 11601.3 \text{ W}$$

$$P_{3EL} = 1936.31 * \frac{100}{30} * 1.8 = 6451.03 \text{ W}$$

$$P_{4EL} = 2099.20 * \frac{100}{30} * 1.8 = 6997.33 \text{ W}$$

$$P_{ELT} = (12.700 + 11.601 + 6.451 + 6.997) = 37.749 \text{ kW}$$

El **equipamiento social** consta de una superficie de 4301.65 m<sup>2</sup>, sabemos que la potencia correspondiente es 10 W/m<sup>2</sup>, con lo cual la potencia total correspondiente al centro social son **43096.5 W**.

$$P_{ES} = 4301.65 * 10 = 43016.5 \text{ W}$$

Igualmente, el **equipamiento escolar** ocupa una superficie de 15101.92m<sup>2</sup>, sabemos que la potencia correspondiente es 5 W/m<sup>2</sup>, con lo cual la potencia total correspondiente al centro escolar son **75509.6 W**.

$$P_{EE} = 15101.92 * 10 = 75509.6 \text{ W}$$

La potencia correspondiente a dos **Centros de Mando** de una unidad de alumbrado vial con una potencia de 20kW son **40 kW**.

$$P_{CM} = 2 * 20 = 40 \text{ kW}$$

Y por último, se debe tener en cuenta la potencia necesaria para suministrar los **servicios comunes**. Considerando tales servicios comunes como el conjunto de servicios generales y ascensor. Se deben considerar 18 portales en total para los dos edificios de viviendas, que suman **143 kW**.

La carga correspondiente a ascensores y montacargas, se obtiene de la siguiente tabla:

Tipo de elevador	Carga (kg)	Velocidad (m/s)	Nº de personas	Potencia
<b>ITA-1</b>	<b>400</b>	<b>0.36</b>	<b>5</b>	<b>4.5</b>
ITA-2	400	1.00	5	7.5
ITA-3	630	1.00	8	11.5
ITA-4	630	1.60	8	18.5
ITA-5	1000	1.60	13	29.5
ITA-6	1000	2.50	13	46.5

**Tabla 1.3: Características de ascensores y montacargas.**

**(VER TABLA: Tabla 2. Previsión de potencia para aparatos elevadores.)**

En el presente proyecto elegiremos un tipo de aparato elevador ITA-1 para las distintas escaleras de los edificios.

$$P_{SG} = (3.45 + 4.5) * 18 = 7.95 * 18 = 143 \text{ kW}$$

La suma **total de la potencia del complejo** correspondiente a viviendas unifamiliares, edificios de viviendas, garajes, zonas verdes, centros de mando, equipamiento social, equipamiento escolar y servicios comunes.

$$P_T = 1518 + 1104 + 131.955 + 37.749 + 40 + 43.0965 + 75.5096 + 143 = 3093.3101 \text{ kW}$$

Se precisa el suministro de energía a una tensión de 230 V, con una potencia máxima simultánea de 3093.3101 W. De los cuales 2974.784 kW pertenecen a viviendas unifamiliares, edificios, centro de mando de viales y jardines. Por tanto, disponemos de 118.5261 KW pertenecen a equipamiento social y equipamiento educativo.

Aplicando un **factor de simultaneidad de vivienda y zonas comerciales** de valor 0.4 y 0.6, respectivamente.

$$P_{\text{VIVIENDAS}} = 2974.784 * 0.4 = 1189.9136 \text{ kW}$$

$$P_{\text{EE Y ES}} = 118.5261 * 0.6 = 71.11566 \text{ kW}$$

La **potencia total final** de la previsión de cargas del complejo residencial asciende a **1261.0292 kW**.

La **potencia total en kVA**, que obtenemos partiendo de un factor de potencia de valor 0.9 da como resultado **1401.1436 kVA**.

Para atender a las necesidades arriba indicadas, la potencia total instalada en cada Centro de Transformación es de 400 kVA. Para llegar al total de potencia instalada se instalarán 5 Centros de Transformación realizando uno de ellos las funciones de reparto y maniobra, es decir, 2000 kVA o lo que es lo mismo 1800kW.

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 1**

**ANILLO 1**

**2.2. Potencias conectadas en el ANILLO 1 del CT 1 (7 CARGAS)**

▪ **CARGAS PERTENECIENTES AL ANILLO:**

Las cargas pertenecientes al anillo 1 del Centro de Transformación 1 son las siguientes:

$$CGP2 = 11 * EB + JARDÍN + SERVICIOS GENERALES = 94.06 \text{ kW}$$

$$CGP2 = 11 * 5.75 + 22.86 + 4.5 + 3.45 = 94.06 \text{ kW}$$

$$CGP3 = 11 * EB + SERVICIOS GENERALES = 71.2 \text{ kW}$$

$$CGP3 = 11 * 5.75 + 4.5 + 3.45 = 71.2 \text{ kW}$$

$$CGP4 = 11 * EB + SERVICIOS GENERALES = 71.2 \text{ kW}$$

$$CGP4 = 11 * 5.75 + 4.5 + 3.45 = 71.2 \text{ kW}$$

$$CGP6 = 10 * EB + SERVICIOS GENERALES = 65.45 \text{ kW}$$

$$CGP6 = 10 * 5.75 + 4.5 + 3.45 = 65.45 \text{ kW}$$

$$CGP7 = 10 * EB + SERVICIOS GENERALES = 65.45 \text{ kW}$$

$$CGP7 = 10 * 5.75 + 4.5 + 3.45 = 65.45 \text{ kW}$$

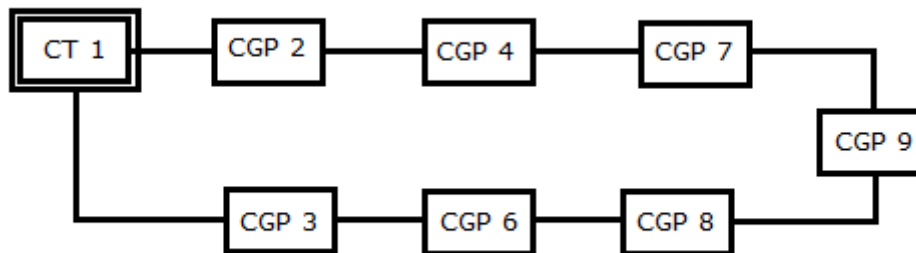
$$CGP8 = 10 * EB + SERVICIOS GENERALES = 65.45 \text{ kW}$$

$$CGP8 = 10 * 5.75 + 4.5 + 3.45 = 65.45 \text{ kW}$$

$$CGP9 = 10 * EB + SERVICIOS GENERALES = 65.45 \text{ kW}$$

$$CGP9 = 10 * 5.75 + 4.5 + 3.45 = 65.45 \text{ kW}$$

### ▪ CONFIGURACIÓN DEL ANILLO:



#### 2.2.1. Determinación del punto de mínima tensión.

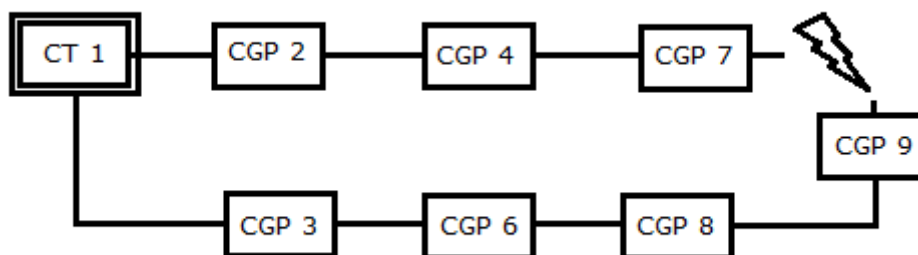
La longitud a la que se encuentra situado el punto de mínima tensión se determina mediante la expresión:

$$p.m.t = \frac{\sum P * L}{P_T}$$

P = Potencia en kw

L = Longitud desde el origen a cada punto en m.

$$p.m.t = [(94.06 * 28.26) + (71.2 * 54.52) + (65.45 * 106.15) + (65.45 * 131.69) + (65.45 * 144.46) + (65.45 * 171) + (71.2 * 221.8)] / 498.26 = 117.457 \text{ m}$$

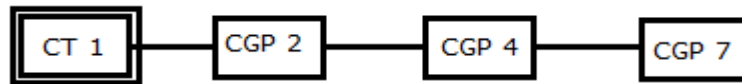


El punto de mínima tensión se encuentra entre los puntos **CGP7** y **CGP9** a una distancia al origen de **117.457 m**, por tanto abriremos la línea dividiéndola en dos tramos de acuerdo con los esquemas representados a continuación.



### 2.2.2. RAMA 1 del ANILLO 1 ∞ va desde CT1 hasta CGP7 (3 CARGAS)

#### ■ CONFIGURACIÓN DE LA RAMA 1:



#### 2.2.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección.

Se determina a partir del cálculo de la intensidad de corriente en el tramo más desfavorable, en nuestro caso con la potencia acumulada en el punto **CGP2** teniendo en cuenta los valores de los coeficientes de simultaneidad que establece el REBT en su ITC-BT-10 en los edificios destinados a viviendas.

##### **CGP 7**

$$p_m = \frac{10 * 5.75}{10} = 5.75$$

$$c.s = 8.5$$

$$P_7 = (5.75 * 8.5) + 7.95 = 56.825 \text{ kW}$$

##### **CGP 4**

$$p_m = \frac{21 * 5.75}{21} = 5.75$$

$$c.s = 15.3$$

$$P_4 = (5.75 * 15.3) + 2 * 9.75 = 103.875 \text{ kW}$$

##### **CGP 2**

$$p_m = \frac{32 * 5.75}{32} = 5.75$$

$$c.s = 15.3 + (32 - 31) * 0.5 = 20.8$$

$$P_2 = (5.75 * 20.8) + 3 * 7.95 + 22.85 = 166.81 \text{ kW}$$

La potencia total que circula por la rama

$$P = 166.810 \text{ kW}$$

Cálculo de la intensidad que circulará por cada rama del anillo mediante la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

Donde:

$$U = 0,4 \text{ kV}$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

$$I = \frac{166810}{\sqrt{3} * 400 * 0.9} = 266.719 \text{ A}$$

De las siguientes tablas obtenemos:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	0.206	0.075
240	<b>0.125</b>	<b>0.070</b>

Tabla 2.4: Características de los conductores según fase.

(VER TABLA: página 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).

Cable	Intensidad nominal del fusible					
	100	125	160	200	250	<b>315</b>
XZ1(S) 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	135	
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	<b>195</b>
	Longitud en metros					

Tabla 2.5: Protección contra cortocircuito. Intensidad nominal del fusible.

(VER TABLA: página 8. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).

El fusible seleccionado según los parámetros a proteger es:

- El cable XZ1(S) 0.6 / 1 KV
- La intensidad nominal del fusible seleccionado es 315 (A) > 266.719 (A)
- Longitud que alcanza el fusible seleccionado protegida por cortocircuito es 195 m > 106.15 m.

**El fusible seleccionado corresponde a  $I_n = 315$  A con alcance 195 metros.**

### 2.2.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento.

Para comprobar que la intensidad que pasará por el conductor no sobrepase su valor límite compararemos ésta con la que nos proporciona el tipo de conductor elegido y le aplicaré un factor de corrección para el caso que sea necesario.

En nuestro caso al tener una instalación tipo el único factor de corrección utilizado será por agrupación de cables.

Utilizaremos las siguientes tablas según NORMA UNE 211435 para determinar el factor de corrección y la sección del conductor en función de la intensidad máxima admisible.

En este caso, y debido a la inexistencia de algún motor, no existe sobredimensionamiento con lo cual, la corriente que circula por la rama corresponde a la corriente máxima.

$$I_{\text{máx}} = 1.25 \cdot I$$

$$I_{\text{máx}} = I$$

$$I_{\text{máx}} = 266.719 \text{ A}$$

La corriente máxima prima se debe a la corriente que circula una vez tenido en cuenta los factores de corrección correspondientes. Para Instalaciones Eléctricas en Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión.

(° C)	Temperatura del terreno en cables soterrados °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90*	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
105*	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.83

**Tabla 2.6: A.6. (UNE 211435). Factores de corrección para las distintas temperaturas.**

**(VER TABLA: Tabla 7. (ITC LAT-06 ) Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C )**

(k.m/W)	Resistividad del terreno						
Sección	0.8 k.m/W	0.9 k.m/W	1 k.m/W	1.5 k.m/W	2 k.m/W	2.5 k.m/W	3 k.m/W
25	1.25	1.20	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
35	1.25	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
50	1.26	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.74
70	1.27	1.22	1.17	1.00	0.89	0.81	0.74
95	1.28	1.22	1.18	1.00	0.89	0.80	0.74
120	1.28	1.22	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
150	1.28	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
185	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
240	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
300	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
400	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.79	0.73

**Tabla 2.7: A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.**

**(VER TABLA: Tabla 8. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W)**

Cables de 0.6/1 kV	
Profundidad (m)	Soterrados
0.50	1.04
0.60	1.02
0.70	<b>1.00</b>
0.80	0.99
1.00	0.97
1.25	0.95
1.50	0.93
1.75	0.92
2.00	0.91
2.05	0.89
3.00	0.88

Tabla 2.8: A.8. (UNE 211435) Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (cables soterrados).

(VER TABLA: Tabla 11. (ITC LAT-06 ). Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 m)

Circuitos en directamente soterrados					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	<b>0.82</b>	0.88	0.92	0.94	0.96
3	0.71	0.79	0.84	0.88	0.91
4	0.64	0.74	0.81	0.85	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.83	0.86
6	0.56	0.67	0.76	0.82	0.85
7	0.53	0.65	0.74	0.80	-
8	0.51	0.63	0.73	0.80	-
9	0.49	0.62	0.72	0.79	-
10	0.48	0.61	0.71	-	-

**Tabla 2.9: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.82.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{266.719}{f_c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 2 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{266.719}{0.82} = 277.8482 \text{ A}$$

Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo del anillo a estudiar, en este caso el tramo 1 del anillo 1 del Centro de Transformación 1, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.

Intensidad máxima admisible en Aislamiento de XLPE. Conductor Cu o Al.			
Sección	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido al sol
<b>Aluminio</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	<b>340</b>	305	390
<b>Cobre</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

**Tabla 2.10: cables de distribución tipo RVo Al XZ1(S) de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 12.(ITC LAT-06) Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. )**

Temperatura del terreno en ° C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Profundidad de soterramiento en m 0.70.

Escogemos una intensidad admisible de 340 A a la cual le corresponde una sección de 240 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 340 = 326.4 \text{ A}$$



Nuestro Fusible seleccionado es de 315 (A) y es válido al estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$326.4 \text{ (A)} > 266.719 \text{ (A)}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{1}{f.c}$$

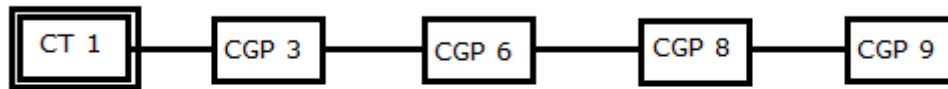
$$f.d.c. = \frac{266.719}{326.4} = 0.81 < 0.85$$

El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto, y es el siguiente:

**(3x240 mm<sup>2</sup>) + (1x150 mm<sup>2</sup>) de Al RV 0.6/1 kV**

### 2.2.3. RAMA 2 del ANILLO 1 ∞ va desde CT1 hasta CGP9 (4 CARGAS)

#### ▪ CONFIGURACIÓN DE LA RAMA 2:



#### 2.2.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección.

Se determina a partir del cálculo de la intensidad de corriente en el tramo más desfavorable, en nuestro caso con la potencia acumulada en el punto **CGP3** teniendo en cuenta los valores de los coeficientes de simultaneidad que establece el REBT en su ITC-BT-10 en los edificios destinados a viviendas.

##### **CGP 9**

$$p_m = \frac{10 * 5.75}{10} = 5.75$$

$$c.s = 8.5$$

$$P_9 = (5.75 * 8.5) + 7.95 = 56.825 \text{ kW}$$

##### **CGP 8**

$$p_m = \frac{20 * 5.75}{20} = 5.75$$

$$c.s = 15.3$$

$$P_8 = (5.75 * 15.3) + 2 * 7.95 = 103.875 \text{ kW}$$

##### **CGP 6**

$$p_m = \frac{30 * 5.75}{30} = 5.75$$

$$c.s = 15.3 + (30 - 21) * 0.5 = 19.8$$

$$P_6 = (5.75 * 19.8) + 3 * 7.95 = 137.7 \text{ kW}$$

**CGP 3**

$$p_m = \frac{41 * 5.75}{41} = 5.75$$

$$c.s = 15.3 + (41 - 21) * 0.5 = 25.3$$

$$P_3 = (5.75 * 25.3) + 4 * 7.95 = 177.275 \text{ kW}$$

La potencia total que circula por la rama

$$P = 177.275 \text{ kW}$$

Cálculo de la intensidad que circulará por cada rama del anillo mediante la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

Donde:

$$U = 0,4 \text{ kV}$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

$$I = \frac{177275}{\sqrt{3} * 400 * 0.9} 284.30 \text{ A}$$

De las siguientes tablas obtenemos:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	0.206	0.075
240	<b>0.125</b>	<b>0.070</b>

**Tabla 2.11: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

Cable	Intensidad nominal del fusible					
	100	125	160	200	250	315
XZ1(S) 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	135	
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	<b>195</b>
	Longitud en metros					

**Tabla 2.12: Protección contra cortocircuito. Intensidad nominal del fusible.**  
**(VER TABLA: página 8. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

El fusible seleccionado según los parámetros a proteger es:

- El cable XZ1(S) 0.6 / 1 KV 3
- La intensidad nominal del fusible seleccionado es 315 (A) > 284.30 (A)
- Longitud que alcanza el fusible seleccionado protegida por cortocircuito es 195 m > 131.5 m.

**El fusible seleccionado corresponde a  $I_n = 315$  A con alcance 195 metros.**

### 2.2.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento.

Para comprobar que la intensidad que pasará por el conductor no sobrepase su valor límite compararemos ésta con la que nos proporciona el tipo de conductor elegido y le aplicaré un factor de corrección para el caso que sea necesario.

En nuestro caso al tener una instalación tipo el único factor de corrección utilizado será por agrupación de cables.

Utilizaremos las siguientes tablas según NORMA UNE 211435 para determinar el factor de corrección y la sección del conductor en función de la intensidad máxima admisible.

En este caso, y debido a la inexistencia de algún motor, no existe sobredimensionamiento con lo cual, la corriente que circula por la rama corresponde a la corriente máxima.

$$I_{\text{máx}} = 1.25 \cdot I$$

$$I_{\text{máx}} = I$$

$$I_{\text{máx}} = 284.30 \text{ A}$$

La corriente máxima prima se debe a la corriente que circula una vez tenido en cuenta los factores de corrección correspondientes. Para Instalaciones Eléctricas en Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión.

(° C)	Temperatura del terreno en cables soterrados °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90*	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
105*	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.83

**Tabla 2.13: A.6. (UNE 211435). Factores de corrección para las distintas temperaturas.**

**(VER TABLA: Tabla 7. (ITC LAT-06) Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C)**

(k.m/W)	Resistividad del terreno						
sección	0.8 k.m/W	0.9 k.m/W	1 k.m/W	1.5 k.m/W	2 k.m/W	2.5 k.m/W	3 k.m/W
25	1.25	1.20	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
35	1.25	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
50	1.26	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.74
70	1.27	1.22	1.17	1.00	0.89	0.81	0.74
95	1.28	1.22	1.18	1.00	0.89	0.80	0.74
120	1.28	1.22	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
150	1.28	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
185	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
240	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
300	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
400	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.79	0.73

**Tabla 2.14: A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.**

**(VER TABLA: Tabla 8. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W)**

Cables de 0.6/1 kV	
Profundidad (m)	Soterrados
0.50	1.04
0.60	1.02
0.70	<b>1.00</b>
0.80	0.99
1.00	0.97
1.25	0.95
1.50	0.93
1.75	0.92
2.00	0.91
2.05	0.89
3.00	0.88

Tabla 2.15: A.8. (UNE 211435) Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (cables soterrados).

(VER TABLA: Tabla 11. (ITC LAT-06 ). Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 m)



Circuitos en directamente soterrados					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	<b>0.82</b>	0.88	0.92	0.94	0.96
3	0.71	0.79	0.84	0.88	0.91
4	0.64	0.74	0.81	0.85	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.83	0.86
6	0.56	0.67	0.76	0.82	0.85
7	0.53	0.65	0.74	0.80	-
8	0.51	0.63	0.73	0.80	-
9	0.49	0.62	0.72	0.79	-
10	0.48	0.61	0.71	-	-

**Tabla 2.16: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.82.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{I}{f_c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 2 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{284.30}{0.82} = 296.145 \text{ A}$$

Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo del anillo a estudiar, en este caso el tramo 2 del anillo 1 del Centro de Transformación 1, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.

Intensidad máxima admisible en Aislamiento de XLPE. Conductor Cu o Al.			
Sección	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido al sol
<b>Aluminio</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	<b>340</b>	305	390
<b>Cobre</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

**Tabla 2.17: cables de distribución tipo RVo Al XZ1(S) de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 12.(ITC LAT-06) Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. )**

Temperatura del terreno en °C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Profundidad de soterramiento en m 0.70.

Escogemos una intensidad admisible de 340 A a la cual le corresponde una sección de 240 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 340 = 326.4 \text{ A}$$

Nuestro Fusible seleccionado es de 315 (A) y es válido al estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$326.4 \text{ (A)} > 284.30 \text{ (A)}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

$$f.d.c. = \frac{284.30}{326.4} = 0.83 < 0.85$$

El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto, y es el siguiente:

**(3x240 mm<sup>2</sup>) + (1x150 mm<sup>2</sup>) de Al RV 0.6/1 kV**

#### ***2.2.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2.***

Según normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo se recomienda que sea igual por las dos ramas, por tanto el diseño final de la red de distribución será:

El cálculo de la caída de tensión se realiza en función del momento eléctrico ( $W \cdot L$ ), donde la caída de tensión  $\% \Delta U$  viene dada en  $\%$  de la tensión compuesta  $U$  en voltios.

Lo obtenemos con la siguiente fórmula:

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot \operatorname{tg} \varphi)$$

$$\text{cte} = \frac{R + X \cdot \operatorname{tg} \varphi}{10 \cdot U^2}$$

Donde:

$\Delta U$  = porcentaje de la caída de tensión.

$W$  = potencia en kW.

$L$  = longitud del tramo en km.

$U$  = tensión en kV, será 0.4 kV.

$\cos \varphi = 0.9$ .

$R$  = resistencia eléctrica del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

$X$  = reactancia inductiva del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

En la siguiente tabla podemos encontrar los datos de la resistencia y la impedancia:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	0.206	0.075
240	<b>0.125</b>	<b>0.070</b>

**Tabla 2.18: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

En este caso tendríamos unos valores de  $R=0.125 \text{ } \Omega/\text{km}$  y de  $X= 0.070 \text{ } \Omega/\text{km}$ , con lo cual tendríamos una constante de  $\text{cte}=0.099314$ .

#### **ANILLO 1 DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 1 (7 CARGAS)**

##### **TRAMO 1 (3 CARGAS)**

Tramo	Potencia	Longitud	c.d.t.	c.d.t acumulada
CT-2	166.81	0.02826	0.4680	0.4680
2-4	103.875	0.02626	0.2709	0.7389
4-7	56.825	0.05163	0.29137	1.03087<5%

**Tabla 2.19: Caídas de tensión en el tramo 1 del anillo.**

##### **TRAMO 2 (4 CARGAS)**

Tramo	Potencia	Longitud	c.d.t.	c.d.t acumulada
CT-3	177.275	0.04139	0.7287	0.7287
3-6	137.7	0.0518	0.7083	1.4370
6-8	103.875	0.02554	0.2634	1.7004
8-9	56.825	0.01277	0.0720	1.7724<5%

**Tabla 2.20: Caídas de tensión en el tramo 2 del anillo.**

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 1**

**ANILLO 2**

**2.3. Potencias conectadas en el ANILLO 2 del CT 1 (8 CARGAS)**

▪ **CARGAS PERTENECIENTES AL ANILLO:**

Las cargas pertenecientes al anillo 2 del Centro de Transformación 1 son las siguientes:

$$CGP1 = 11 * EB + GARAJE + SERVICIOS GENERALES = 136.275 \text{ kW}$$

$$CGP1 = 11 * 5.75 + 65.075 + 4.5 + 3.45 = 136.275 \text{ kW}$$

$$CGP5 = 11 * EB + SERVICIOS GENERALES = 71.2 \text{ kW}$$

$$CGP5 = 11 * 5.75 + 4.5 + 3.45 = 71.2 \text{ kW}$$

$$CGP10 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP10 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP11 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP11 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP12 = 1 * EE = 9.2 \text{ kW}$$

$$CGP12 = 1 * 9.2 = 9.2 \text{ kW}$$

$$CGP13 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP13 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

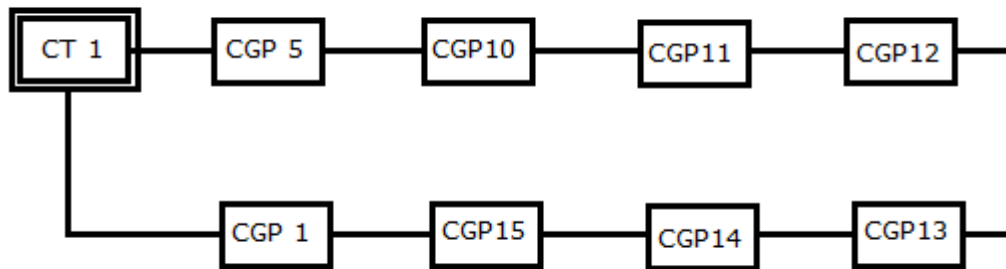
$$CGP14 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP14 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP15 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP15 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

▪ **CONFIGURACIÓN DEL ANILLO:**



**2.3.1. Determinación del punto de mínima tensión.**

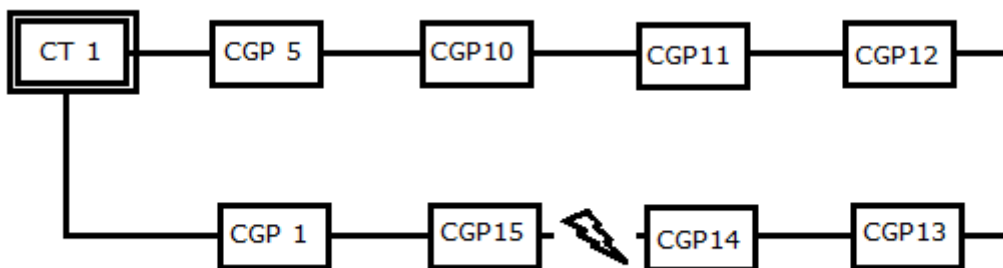
La longitud a la que se encuentra situado el punto de mínima tensión se determina mediante la expresión:

$$p.m.t = \frac{\Sigma P * L}{P_T}$$

P = Potencia en kw

L = Longitud desde el origen a cada punto en m.

$$p.m.t = [(71.2 * 80.02) + (18.4 * 122.68) + (18.4 * 140.02) + (9.2 * 165.12) + (18.4 * 223.7) + (18.4 * 246.47) + (18.4 * 264.07) + (136.28 * 381.968)] / 308.68 = 247.8 \text{ m}$$



El punto de mínima tensión se encuentra entre los puntos **CGP14** y **CGP15** a una distancia al origen de **247.8 m**, por tanto abriremos la línea dividiéndola en dos tramos de acuerdo con los esquemas representados a continuación.



### 2.3.2. RAMA 1 del ANILLO 2 ∞ va desde CT1 hasta CGP14 (6 CARGAS)

#### ▪ CONFIGURACIÓN DE LA RAMA 1:



#### 2.3.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección.

Se determina a partir del cálculo de la intensidad de corriente en el tramo más desfavorable, en nuestro caso con la potencia acumulada en el punto **CGP5** teniendo en cuenta los valores de los coeficientes de simultaneidad que establece el REBT en su ITC-BT-10 en los edificios destinados a viviendas.

##### CGP 14

$$p_m = \frac{2 * 9.2}{2} = 9.2$$

$$c.s = 2$$

$$P_{14} = (9.2 * 2) = 18.4 \text{ kW}$$

##### CGP 13

$$p_m = \frac{4 * 9.2}{4} = 9.2$$

$$c.s = 3.8$$

$$P_{13} = (9.2 * 3.8) = 34.96 \text{ kW}$$

##### CGP 12

$$p_m = \frac{5 * 9.2}{5} = 9.2$$

$$c.s = 4.6$$

$$P_{12} = (9.2 * 4.6) = 42.32 \text{ kW}$$

##### CGP 11

$$p_m = \frac{7 * 9.2}{7} = 9.2$$

$$c. s = 6.2$$

$$P_{11} = (9.2 * 6.2) = 57.04 \text{ kW}$$

#### **CGP 10**

$$p_m = \frac{9 * 9.2}{9} = 9.2$$

$$c. s = 7.8$$

$$P_{10} = (9.2 * 7.8) = 71.76 \text{ kW}$$

#### **CGP 5**

$$p_m = \frac{9 * 9.2 + 11 * 5.75}{20} = 7.3025$$

$$c. s = 14.8$$

$$P_5 = (7.3025 * 14.85.75) + 7.95 = 116.027 \text{ kW}$$

La potencia total que circula por la rama

$$P = 116.027 \text{ kW}$$

Cálculo de la intensidad que circulará por cada rama del anillo mediante la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

Donde:

$$U = 0,4 \text{ kV}$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

$$I = \frac{116027}{\sqrt{3} * 400 * 0.9} = 186.078 \text{ A}$$

De las siguientes tablas obtenemos:

Sección de fase (mm2)	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	0.206	0.075
240	<b>0.125</b>	<b>0.070</b>

**Tabla 2.21: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

Cable	Intensidad nominal del fusible					
	100	125	160	200	250	315
XZ1(S) 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	135	
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	<b>345</b>	260	195
	Longitud en metros					

**Tabla 2.22: Protección contra cortocircuito. Intensidad nominal del fusible.  
(VER TABLA: página 8. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

El fusible seleccionado según los parámetros a proteger es:

- El cable XZ1(S) 0.6 / 1 KV
- La intensidad nominal del fusible seleccionado es 200 (A) > 186.078 (A)
- Longitud que alcanza el fusible seleccionado protegida por cortocircuito es 345 m > 247.25 m.

**El fusible seleccionado corresponde a  $I_n = 200$  A con alcance 345 metros.**

### 2.3.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección.

Para comprobar que la intensidad que pasará por el conductor no sobrepase su valor límite compararemos ésta con la que nos proporciona el tipo de conductor elegido y le aplicaré un factor de corrección para el caso que sea necesario.

En nuestro caso al tener una instalación tipo el único factor de corrección utilizado será por agrupación de cables.

Utilizaremos las siguientes tablas según NORMA UNE 211435 para determinar el factor de corrección y la sección del conductor en función de la intensidad máxima admisible.

En este caso, y debido a la inexistencia de algún motor, no existe sobredimensionamiento con lo cual, la corriente que circula por la rama corresponde a la corriente máxima.

$$I_{\text{máx}} = 1.25 \cdot I$$

$$I_{\text{máx}} = I$$

$$I_{\text{máx}} = 186.078 \text{ A}$$

La corriente máxima prima se debe a la corriente que circula una vez tenido en cuenta los factores de corrección correspondientes. Para Instalaciones Eléctricas en Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión.

(° C)	Temperatura del terreno en cables soterrados °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90*	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
105*	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.83

**Tabla 2.23: A.6. (UNE 211435). Factores de corrección para las distintas temperaturas.**

**(VER TABLA: Tabla 7. (ITC LAT-06 ) Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C)**

(k.m/W)	Resistividad del terreno						
sección	0.8 k.m/W	0.9 k.m/W	1 k.m/W	1.5 k.m/W	2 k.m/W	2.5 k.m/W	3 k.m/W
25	1.25	1.20	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
35	1.25	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
50	1.26	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.74
70	1.27	1.22	1.17	1.00	0.89	0.81	0.74
95	1.28	1.22	1.18	1.00	0.89	0.80	0.74
120	1.28	1.22	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
150	1.28	1.23	1.18	<u>1.00</u>	0.88	0.80	0.74
185	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
240	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
300	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
400	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.79	0.73

**Tabla 2.24: A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.**

**(VER TABLA: Tabla 8. (ITC LAT-06). Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W)**

Cables de 0.6/1 kV	
Profundidad (m)	Soterrados
0.50	1.04
0.60	1.02
0.70	<b>1.00</b>
0.80	0.99
1.00	0.97
1.25	0.95
1.50	0.93
1.75	0.92
2.00	0.91
2.05	0.89
3.00	0.88

**Tabla 2.8: A.25. (UNE 211435) Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 11. (ITC LAT-06 ). Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 m)**

Circuitos en directamente soterrados					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	contacto	200	400	600	800
2	<b>0.82</b>	0.88	0.92	0.94	0.96
3	0.71	0.79	0.84	0.88	0.91
4	0.64	0.74	0.81	0.85	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.83	0.86
6	0.56	0.67	0.76	0.82	0.85
7	0.53	0.65	0.74	0.80	-
8	0.51	0.63	0.73	0.80	-
9	0.49	0.62	0.72	0.79	-
10	0.48	0.61	0.71	-	-

**Tabla 2.26: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.82.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{I}{f.c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 2 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{186.078}{0.82} = 193.83 \text{ A}$$

Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo del anillo a estudiar, en este caso el tramo 1 del anillo 2 del Centro de Transformación 1, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.



Intensidad máxima admisible en Aislamiento de XLPE. Conductor Cu o Al.			
Sección	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido al sol
<b>Aluminio</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	<b>260</b>	230	290
240	340	305	390
<b>Cobre</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

**Tabla 2.27: cables de distribución tipo RVo Al XZ1(S) de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 12.(ITC LAT-06) Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. )**

Temperatura del terreno en °C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Profundidad de soterramiento en m 0.70.

Escogemos una intensidad admisible de 340 A a la cual le corresponde una sección de 240 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 260 = 249.6 \text{ A}$$

Nuestro Fusible seleccionado es de 200 (A) y es válido al estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$249.6 \text{ (A)} > 186.078 \text{ (A)}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

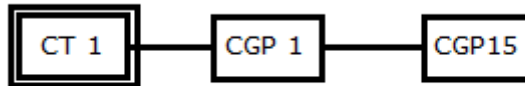
$$f.d.c. = \frac{186.078}{249.6} = 0.745 < 0.85$$

El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto, y es el siguiente:

**(3x150 mm<sup>2</sup>) + (1x95 mm<sup>2</sup>) de Al RV 0.6/1 kV**

### 2.3.3. RAMA 2 del ANILLO 2 ∞ va desde CT1 hasta CGP15 (2 CARGAS)

#### ■ CONFIGURACIÓN DE LA RAMA 2:



#### 2.3.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección.

Se determina a partir del cálculo de la intensidad de corriente en el tramo más desfavorable, en nuestro caso con la potencia acumulada en el punto **CGP1** teniendo en cuenta los valores de los coeficientes de simultaneidad que establece el REBT en su ITC-BT-10 en los edificios destinados a viviendas.

##### **CGP 15**

$$p_m = \frac{2 * 9.2}{2} = 9.2$$

$$c.s = 2$$

$$P_{15} = (9.2 * 2) = 18.4 \text{ kW}$$

##### **CGP 1**

$$p_m = \frac{2 * 9.2 + 11 * 5.75}{13} = 6.28$$

$$c.s = 10.6$$

$$P_1 = (6.28 * 10.6) + 2 * 7.95 + 65.075 = 139.60 \text{ kW}$$

La potencia total que circula por la rama

$$P = 139.60 \text{ kW}$$

Cálculo de la intensidad que circulará por cada rama del anillo mediante la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

Donde:

$$U = 0,4 \text{ kV}$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

$$I = \frac{139600}{\sqrt{3} * 400 * 0.9} = 223.883 \text{ A}$$

De las siguientes tablas obtenemos:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	<b>0.206</b>	<b>0.075</b>
240	0.125	0.070

**Tabla 2.28: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

Cable	Intensidad nominal del fusible					
	100	125	160	200	250	315
XZ1(S) 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	<b>135</b>	
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
	Longitud en metros					

**Tabla 2.29: Protección contra cortocircuito. Intensidad nominal del fusible.**  
**(VER TABLA: página 8. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

El fusible seleccionado según los parámetros a proteger es:

- El cable XZ1(S) 0.6 / 1 KV
- La intensidad nominal del fusible seleccionado es 250 (A) > 223.883 (A)
- Longitud que alcanza el fusible seleccionado protegida por cortocircuito es 135 m > 123.028m.

**El fusible seleccionado corresponde a  $I_n = 250$  A con alcance 135 metros.**

### 2.3.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento.

Para comprobar que la intensidad que pasará por el conductor no sobrepase su valor límite compararemos ésta con la que nos proporciona el tipo de conductor elegido y le aplicaré un factor de corrección para el caso que sea necesario.

En nuestro caso al tener una instalación tipo el único factor de corrección utilizado será por agrupación de cables.

Utilizaremos las siguientes tablas según NORMA UNE 211435 para determinar el factor de corrección y la sección del conductor en función de la intensidad máxima admisible.

En este caso, y debido a la inexistencia de algún motor, no existe sobredimensionamiento con lo cual, la corriente que circula por la rama corresponde a la corriente máxima.

$$I_{\text{máx}} = 1.25 \cdot I$$

$$I_{\text{máx}} = I$$

$$I_{\text{máx}} = 223.883 \text{ A}$$

La corriente máxima prima se debe a la corriente que circula una vez tenido en cuenta los factores de corrección correspondientes. Para Instalaciones Eléctricas en Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión.

(° C)	Temperatura del terreno en cables soterrados °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90*	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
105*	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.83

**Tabla 2.30: A.6. (UNE 211435). Factores de corrección para las distintas temperaturas.**

**(VER TABLA: Tabla 7. (ITC LAT-06 ) Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C )**

(k.m/W)	Resistividad del terreno						
sección	0.8 k.m/W	0.9 k.m/W	1 k.m/W	1.5 k.m/W	2 k.m/W	2.5 k.m/W	3 k.m/W
25	1.25	1.20	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
35	1.25	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
50	1.26	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.74
70	1.27	1.22	1.17	1.00	0.89	0.81	0.74
95	1.28	1.22	1.18	1.00	0.89	0.80	0.74
120	1.28	1.22	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
150	1.28	1.23	1.18	<u>1.00</u>	0.88	0.80	0.74
185	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
240	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
300	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
400	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.79	0.73

**Tabla 2.31: A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.**

**(VER TABLA: Tabla 8. (ITC LAT-06). Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W)**

Cables de 0.6/1 kV	
Profundidad (m)	Soterrados
0.50	1.04
0.60	1.02
0.70	<b>1.00</b>
0.80	0.99
1.00	0.97
1.25	0.95
1.50	0.93
1.75	0.92
2.00	0.91
2.05	0.89
3.00	0.88

**Tabla 2.32: A.8. (UNE 211435) Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 11. (ITC LAT-06 ). Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 m)**



Circuitos en directamente soterrados					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	<b>0.82</b>	0.88	0.92	0.94	0.96
3	0.71	0.79	0.84	0.88	0.91
4	0.64	0.74	0.81	0.85	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.83	0.86
6	0.56	0.67	0.76	0.82	0.85
7	0.53	0.65	0.74	0.80	-
8	0.51	0.63	0.73	0.80	-
9	0.49	0.62	0.72	0.79	-
10	0.48	0.61	0.71	-	-

**Tabla 2.33: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**  
**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.82.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{I}{f.c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 2 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{223.883}{0.82} = 233.212 \text{ A}$$

Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo del anillo a estudiar, en este caso el tramo 2 del anillo 2 del Centro de Transformación 1, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.

Intensidad máxima admisible en Aislamiento de XLPE. Conductor Cu o Al.			
Sección	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido al sol
<b>Aluminio</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	<b>260</b>	230	290
240	340	305	390
<b>Cobre</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

**Tabla 2.34: cables de distribución tipo RVo Al XZ1(S) de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 12.(ITC LAT-06) Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. )**

Temperatura del terreno en ° C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Profundidad de soterramiento en m 0.70.

Escogemos una intensidad admisible de 260 A a la cual le corresponde una sección de 150 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 260 = 249.6 \text{ A}$$

En esta ocasión, nuestro fusible seleccionado es de 250 (A) y es válido en esta ocasión al estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$249.6 \text{ (A)} > 223.883 \text{ (A)}$$

Pero el valor es muy justo a los límites establecidos.

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

$$f.d.c. = \frac{223.883}{249.6} = 0.89 > 0.85$$

El factor de carga no es el correcto puesto que supera los límites establecidos, entonces pues tenemos que aumentar la sección del conductor y recalcular:

Escogemos una intensidad admisible de 340 A a la cual le corresponde una sección de 240 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 340 = 326.4 \text{ A}$$

El fusible seleccionado es de 250 (A) y es válido al estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$326.4 \text{ (A)} > 223.883 \text{ (A)}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

$$f.d.c. = \frac{223.883}{326.4} = 0.68 < 0.85$$

El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto, y es el siguiente:

**(3x150 mm<sup>2</sup>) + (1x95 mm<sup>2</sup>) de Al RV 0.6/1 kV**

#### ***2.3.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2.***

Según normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo se recomienda que sea igual por las dos ramas, por tanto el diseño final de la red de distribución será:

El cálculo de la caída de tensión se realiza en función del momento eléctrico ( $W \cdot L$ ), donde la caída de tensión  $\% \Delta U$  viene dada en  $\%$  de la tensión compuesta  $U$  en voltios.

Lo obtenemos con la siguiente fórmula:

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot \operatorname{tg} \varphi)$$
$$\text{cte} = \frac{R + X \cdot \operatorname{tg} \varphi}{10 \cdot U^2}$$

Donde:

$\Delta U$  = porcentaje de la caída de tensión.

$W$  = potencia en kW.

$L$  = longitud del tramo en km.

$U$  = tensión en kV, será 0.4 kV.

$\cos \varphi = 0.9$ .

$R$  = resistencia eléctrica del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

$X$  = reactancia inductiva del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

En la siguiente tabla podemos encontrar los datos de la resistencia y la impedancia:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	<b>0.206</b>	<b>0.075</b>
240	0.125	0.070

**Tabla 2.35: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

En este caso tendríamos unos valores de  $R=0.125 \text{ } \Omega/\text{km}$  y de  $X= 0.070 \text{ } \Omega/\text{km}$ , con lo cual tendríamos una constante de  $\text{cte}=0.099314$ .

## ANILLO 2 DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 1 (8 CARGAS)

### TRAMO 1 (6 CARGAS)

Tramo	Potencia	Longitud	c.d.t.	c.d.t acumulada
CT-5	116.027	0.0802	0.9241	0.9241
5-10	71.76	0.04260	0.3036	1.2277
10-11	57.04	0.0174	0.0985	1.3262
11-12	42.32	0.0271	0.1139	1.4401
12-13	34.96	0.05658	0.1964	1.6365
13-14	18.4	0.02277	0.04160	0.678<5%

Tabla 2.36: Caídas de tensión en el tramo 1 del anillo.

### TRAMO 2 (2 CARGAS)

Tramo	Potencia	Longitud	c.d.t.	c.d.t acumulada
CT-1	139.60	0.01513	0.2097	0.2097
1-15	18.4	0.107898	0.1971	0.4068<5%

Tabla 2.37: Caídas de tensión en el tramo 2 del anillo.

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2**

**ANILLO 1**

**2.4. Potencias conectadas en el ANILLO 1 del CT 2 (7 CARGAS)**

▪ **CARGAS PERTENECIENTES AL ANILLO:**

Las cargas pertenecientes al anillo 1 del Centro de Transformación 2 son las siguientes:

$$CGP3 = 11 * EB + SERVICIOS GENERALES = 71.2 \text{ kW}$$

$$CG3 = 11 * 5.75 + 4.5 + 3.45 = 71.2 \text{ kW}$$

$$CGP4 = 11 * EB + SERVICIOS GENERALES = 71.2 \text{ kW}$$

$$CGP4 = 11 * 5.75 + 4.5 + 3.45 = 71.2 \text{ kW}$$

$$CGP4 = 11 * EB + SERVICIOS GENERALES = 71.2 \text{ kW}$$

$$CGP4 = 11 * 5.75 + 4.5 + 3.45 = 71.2 \text{ kW}$$

$$CGP5 = 11 * EB + SERVICIOS GENERALES = 71.2 \text{ kW}$$

$$CGP5 = 11 * 5.75 + 4.5 + 3.45 = 71.2 \text{ kW}$$

$$CGP6 = 11 * EB + SERVICIOS GENERALES = 71.2 \text{ kW}$$

$$CGP6 = 11 * 5.75 + 4.5 + 3.45 = 71.2 \text{ kW}$$

$$CGP7 = 11 * EB + SERVICIOS GENERALES = 71.2 \text{ kW}$$

$$CGP7 = 11 * 5.75 + 4.5 + 3.45 = 71.2 \text{ kW}$$

$$CGP8 = 10 * EB + SERVICIOS GENERALES = 65.45 \text{ kW}$$

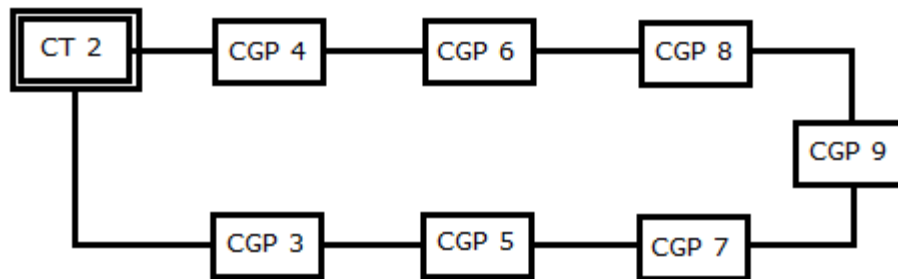
$$CGP8 = 10 * 5.75 + 4.5 + 3.45 = 65.45 \text{ kW}$$

$$CGP9 = 10 * EB + SERVICIOS GENERALES = 65.45 \text{ kW}$$



$$CGP9 = 10 * 5.75 + 4.5 + 3.45 = 65.45 \text{ kW}$$

▪ **CONFIGURACIÓN DEL ANILLO:**



**2.4.1. Determinación del punto de mínima tensión.**

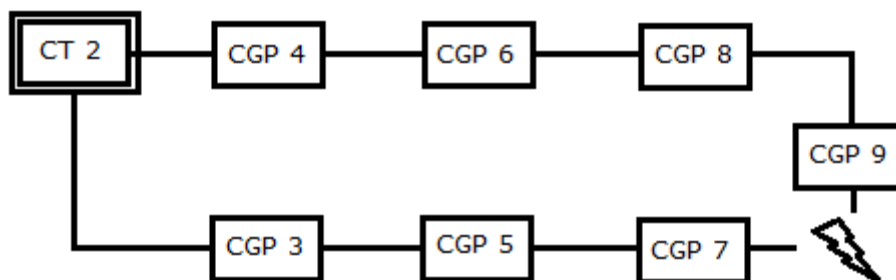
La longitud a la que se encuentra situado el punto de mínima tensión se determina mediante la expresión:

$$p.m.t = \frac{\sum P * L}{P_T}$$

P = Potencia en kw

L = Longitud desde el origen a cada punto en m.

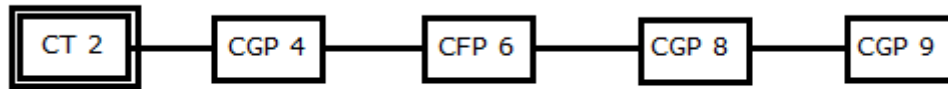
$$p.m.t = [(71.2 * 93.04) + (71.2 * 130.449) + (65.45 * 156.289) + (65.45 * 169.209) + (71.2 * 195.049) + (71.2 * 232.949) + (71.2 * 257.069)] / 4558.1 = 175.608 \text{ m}$$



El punto de mínima tensión se encuentra entre los puntos **CGP9** y **CGP7** a una distancia al origen de **175.608 m**, por tanto abriremos la línea dividiéndola en dos tramos de acuerdo con los esquemas representados a continuación.

#### 2.4.2. RAMA 1 del ANILLO 1 ∞ va desde CT2 hasta CGP9 (4 CARGAS)

##### ▪ CONFIGURACIÓN DE LA RAMA 1:



##### 2.4.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección.

Se determina a partir del cálculo de la intensidad de corriente en el tramo más desfavorable, en nuestro caso con la potencia acumulada en el punto **CGP4** teniendo en cuenta los valores de los coeficientes de simultaneidad que establece el REBT en su ITC-BT-10 en los edificios destinados a viviendas.

##### **CGP 9**

$$pm = \frac{10 * 5.75}{10} = 5.75$$

$$c.s = 8.5$$

$$P_9 = (5.75 * 8.5) + 7.95 = 56.825 \text{ kW}$$

##### **CGP 8**

$$pm = \frac{20 * 5.75}{20} = 5.75$$

$$c.s = 14.8$$

$$P_8 = (5.75 * 14.8) + 2 * 9.75 = 101 \text{ kW}$$

##### **CGP 6**

$$pm = \frac{31 * 5.75}{31} = 5.75$$

$$c.s = 15.3 + (31 - 21) * 0.5 = 20.3$$

$$P_6 = (5.75 * 20.3) + 3 * 7.95 = 140.575 \text{ kW}$$

**CGP 4**

$$pm = \frac{41 * 5.75}{41} = 5.75$$

$$c.s = 15.3 + (41 - 31) * 0.5 = 25.3$$

$$P_4 = (5.75 * 25.3) + 4 * 7.95 = 177.275 \text{ kW}$$

La potencia total que circula por la rama

$$P = 177.275 \text{ kW}$$

Cálculo de la intensidad que circulará por cada rama del anillo mediante la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

Donde:

$$U = 0,4 \text{ kV}$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

$$I = \frac{177.275}{\sqrt{3} * 400 * 0.9} = 274.304 \text{ A}$$

De las siguientes tablas obtenemos:

Sección de fase (mm2)	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	0.206	0.075
240	<b>0.125</b>	<b>0.070</b>

Tabla 2.38: Características de los conductores según fase.

(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).

Cable	Intensidad nominal del fusible					
	100	125	160	200	250	315
XZ1(S) 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	135	
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	<b>195</b>
	Longitud en metros					

**Tabla 2.39: Protección contra cortocircuito. Intensidad nominal del fusible.**  
**(VER TABLA: página 8. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

El fusible seleccionado según los parámetros a proteger es:

- El cable XZ1(S) 0.6 / 1 KV
- La intensidad nominal del fusible seleccionado es 315 (A) > 274.304 (A)
- Longitud que alcanza el fusible seleccionado protegida por cortocircuito es 195 m > 168.84m.

**El fusible seleccionado corresponde a  $I_n = 315$  A con alcance 195 metros.**

#### 2.4.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento.

Para comprobar que la intensidad que pasará por el conductor no sobrepase su valor límite compararemos ésta con la que nos proporciona el tipo de conductor elegido y le aplicaré un factor de corrección para el caso que sea necesario.

En nuestro caso al tener una instalación tipo el único factor de corrección utilizado será por agrupación de cables.

Utilizaremos las siguientes tablas según NORMA UNE 211435 para determinar el factor de corrección y la sección del conductor en función de la intensidad máxima admisible.

En este caso, y debido a la inexistencia de algún motor, no existe sobredimensionamiento con lo cual, la corriente que circula por la rama corresponde a la corriente máxima.

$$I_{\text{máx}} = 1.25 * I$$

$$I_{\text{máx}} = I$$

$$I_{\text{máx}} = 274.304 \text{ A}$$

La corriente máxima prima se debe a la corriente que circula una vez tenido en cuenta los factores de corrección correspondientes. Para Instalaciones Eléctricas en Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión.

(° C)	Temperatura del terreno en cables soterrados °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90*	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
105*	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.83

**Tabla 2.40: A.6. (UNE 211435). Factores de corrección para las distintas temperaturas.**

**(VER TABLA: Tabla 7. (ITC LAT-06 ) Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C)**

(k.m/W)	Resistividad del terreno						
sección	0.8 k.m/W	0.9 k.m/W	1 k.m/W	1.5 k.m/W	2 k.m/W	2.5 k.m/W	3 k.m/W
25	1.25	1.20	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
35	1.25	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
50	1.26	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.74
70	1.27	1.22	1.17	1.00	0.89	0.81	0.74
95	1.28	1.22	1.18	1.00	0.89	0.80	0.74
120	1.28	1.22	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
150	1.28	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
185	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
240	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
300	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
400	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.79	0.73

**Tabla 2.41.A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.**

**(VER TABLA: Tabla 8. (ITC LAT-06). Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W)**



Cables de 0.6/1 kV	
Profundidad (m)	Soterrados
0.50	1.04
0.60	1.02
0.70	<b>1.00</b>
0.80	0.99
1.00	0.97
1.25	0.95
1.50	0.93
1.75	0.92
2.00	0.91
2.05	0.89
3.00	0.88

**Tabla 2.42: A.8. (UNE 211435) Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 11. (ITC LAT-06 ). Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 m)**

Circuitos en directamente soterrados					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	contacto	200	400	600	800
2	<b>0.82</b>	0.88	0.92	0.94	0.96
3	0.71	0.79	0.84	0.88	0.91
4	0.64	0.74	0.81	0.85	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.83	0.86
6	0.56	0.67	0.76	0.82	0.85
7	0.53	0.65	0.74	0.80	-
8	0.51	0.63	0.73	0.80	-
9	0.49	0.62	0.72	0.79	-
10	0.48	0.61	0.71	-	-

**Tabla 2.43: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.82.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{266.719}{f.c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 2 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{274.304}{0.82} = 285.733^a$$

Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo del anillo a estudiar, en este caso el tramo 1 del anillo 1 del Centro de Transformación 2, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.

Intensidad máxima admisible en Aislamiento de XLPE. Conductor Cu o Al.			
Sección	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido al sol
<b>Aluminio</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	<b>340</b>	305	390
<b>Cobre</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

**Tabla 2.44: cables de distribución tipo RVo Al XZ1(S) de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 12. (ITC LAT-06) Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. )**

Temperatura del terreno en °C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Profundidad de soterramiento en m 0.70.

Escogemos una intensidad admisible de 340 A a la cual le corresponde una sección de 240 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 340 = 326.4 \text{ A}$$

El fusible seleccionado es de 315 (A) y es válido al estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$326.4 \text{ (A)} > 274.304 \text{ (A)}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{1}{f.c}$$

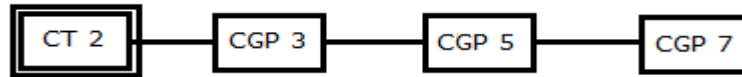
$$f.d.c. = \frac{274.304}{326.4} = 0.84 < 0.85$$

El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto, y es el siguiente:

**(3x240 mm<sup>2</sup>) + (1x150 mm<sup>2</sup>) de Al RV 0.6/1 kV**

### 2.4.3. RAMA 2 del ANILLO 1 ∞ va desde CT2 hasta CGP7 (3 CARGAS)

#### ■ CONFIGURACIÓN DE LA RAMA 2:



#### 2.4.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección.

Se determina a partir del cálculo de la intensidad de corriente en el tramo más desfavorable, en nuestro caso con la potencia acumulada en el punto **CGP3** teniendo en cuenta los valores de los coeficientes de simultaneidad que establece el REBT en su ITC-BT-10 en los edificios destinados a viviendas.

##### **CGP 7**

$$p_m = \frac{11 * 5.75}{11} = 5.75$$

$$c.s = 9.2$$

$$P_7 = (5.75 * 9.2) + 7.95 = 560.85 \text{ kW}$$

##### **CGP 5**

$$p_m = \frac{22 * 5.75}{22} = 5.75$$

$$c.s = 15.3 + (22 - 21) * 0.5 = 15.8$$

$$P_5 = (5.75 * 15.8) + 2 * 7.95 = 106.75 \text{ kW}$$

##### **CGP 3**

$$p_m = \frac{33 * 5.75}{33} = 5.75$$

$$c.s = 15.3 + (33 - 21) * 0.5 = 21.3$$

$$P_3 = (5.75 * 21.3) + 3 * 7.95 = 146.325 \text{ kW}$$

La potencia total que circula por la rama

$$P = 146.325 \text{ kW}$$

Cálculo de la intensidad que circulará por cada rama del anillo mediante la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

Donde:

$$U = 0,4 \text{ kV}$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

$$I = \frac{177275}{\sqrt{3} * 400 * 0,9} 234.668 \text{ A}$$

De las siguientes tablas obtenemos:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	0.206	0.075
240	<b>0.125</b>	<b>0.070</b>

**Tabla 2.45: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

Cable	Intensidad nominal del fusible					
	100	125	160	200	250	315
XZ1(S) 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	135	
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	<b>260</b>	195
	Longitud en metros					

**Tabla 2.46: Protección contra cortocircuito. Intensidad nominal del fusible.**  
**(VER TABLA: página 8. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

.

El fusible seleccionado según los parámetros a proteger es:

- El cable XZ1(S) 0.6 / 1 KV 3
- La intensidad nominal del fusible seleccionado es 250 (A) > 234.668 (A)
- Longitud que alcanza el fusible seleccionado protegida por cortocircuito es 260 m > 143.86m.

**El fusible seleccionado corresponde a  $I_n = 250$  A con alcance 260 metros.**

#### 2.4.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento.

Para comprobar que la intensidad que pasará por el conductor no sobrepase su valor límite compararemos ésta con la que nos proporciona el tipo de conductor elegido y le aplicaré un factor de corrección para el caso que sea necesario.

En nuestro caso al tener una instalación tipo el único factor de corrección utilizado será por agrupación de cables.

Utilizaremos las siguientes tablas según NORMA UNE 211435 para determinar el factor de corrección y la sección del conductor en función de la intensidad máxima admisible.

En este caso, y debido a la inexistencia de algún motor, no existe sobredimensionamiento con lo cual, la corriente que circula por la rama corresponde a la corriente máxima.

$$I_{\text{máx}} = 1.25 * I$$

$$I_{\text{máx}} = I$$

$$I_{\text{máx}} = 284.30\text{A}$$

La corriente máxima prima se debe a la corriente que circula una vez tenido en cuenta los factores de corrección correspondientes. Para Instalaciones Eléctricas en Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión.

(° C)	Temperatura del terreno en cables soterrados °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90*	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
105*	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.83

**Tabla 2.47: A.6. (UNE 211435). Factores de corrección para las distintas temperaturas.**

**(VER TABLA: Tabla 7. (ITC LAT-06 ) Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C)**



(k.m/W)	Resistividad del terreno						
sección	0.8 k.m/W	0.9 k.m/W	1 k.m/W	1.5 k.m/W	2 k.m/W	2.5 k.m/W	3 k.m/W
25	1.25	1.20	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
35	1.25	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
50	1.26	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.74
70	1.27	1.22	1.17	1.00	0.89	0.81	0.74
95	1.28	1.22	1.18	1.00	0.89	0.80	0.74
120	1.28	1.22	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
150	1.28	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
185	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
240	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
300	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
400	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.79	0.73

**Tabla 2.48: A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.**

**(VER TABLA: Tabla 8. (ITC LAT-06). Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W)**

Cables de 0.6/1 kV	
Profundidad (m)	Soterrados
0.50	1.04
0.60	1.02
0.70	<b><u>1.00</u></b>
0.80	0.99
1.00	0.97
1.25	0.95
1.50	0.93
1.75	0.92
2.00	0.91
2.05	0.89
3.00	0.88

**Tabla 2.49: A.8. (UNE 211435) Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 11. (ITC LAT-06). Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 m)**

Circuitos en directamente soterrados					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	<b>0.82</b>	0.88	0.92	0.94	0.96
3	0.71	0.79	0.84	0.88	0.91
4	0.64	0.74	0.81	0.85	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.83	0.86
6	0.56	0.67	0.76	0.82	0.85
7	0.53	0.65	0.74	0.80	-
8	0.51	0.63	0.73	0.80	-
9	0.49	0.62	0.72	0.79	-
10	0.48	0.61	0.71	-	-

**Tabla 2.50: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.82.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{I}{f.c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 2 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{234.668}{0.82} = 244.446 \text{ A}$$

Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo del anillo a estudiar, en este caso el tramo 2 del anillo 1 del Centro de Transformación 2, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.

Intensidad máxima admisible en Aislamiento de XLPE. Conductor Cu o Al.			
Sección	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido al sol
<b>Aluminio</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	<b>260</b>	230	290
240	<b>340</b>	305	390
<b>Cobre</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

**Tabla 2.51: cables de distribución tipo RVo Al XZ1(S) de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 12.(ITC LAT-06) Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. )**

Temperatura del terreno en ° C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Profundidad de soterramiento en m 0.70.

Escogemos una intensidad admisible de 340 A a la cual le corresponde una sección de 240 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 260 = 249.6 \text{ A}$$

Nuestro Fusible seleccionado es de 250 (A) y es válido al estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$249.6 \text{ (A)} > 234.668 \text{ (A)}$$

Se encuentra dentro del límite establecido pero demasiado justo.

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

$$f.d.c. = \frac{234.668}{249.6} = 0.97 > 0.85$$

El factor de carga no es el correcto puesto que supera los límites establecidos, entonces pues tenemos que aumentar la sección del conductor y recalcular:

Escogemos una intensidad admisible de 340 A a la cual le corresponde una sección de 240 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 340 = 326.4 \text{ A}$$

El fusible seleccionado es de 250 (A) y es válido al estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$326.4 \text{ (A)} > 234.668 \text{ (A)}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

$$f.d.c. = \frac{234.668}{326.4} = 0.71 < 0.85$$

El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto, y es el siguiente:

**(3x240 mm<sup>2</sup>) + (1x150 mm<sup>2</sup>) de Al RV 0.6/1 kV**

#### 2.4.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2.

Según normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo se recomienda que sea igual por las dos ramas, por tanto el diseño final de la red de distribución será:

El cálculo de la caída de tensión se realiza en función del momento eléctrico ( $W \cdot L$ ), donde la caída de tensión  $\% \Delta U$  viene dada en  $\%$  de la tensión compuesta  $U$  en voltios.

Lo obtenemos con la siguiente fórmula:

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot \tan \varphi)$$

$$\text{cte} = \frac{R + X \cdot \tan \varphi}{10 \cdot U^2}$$

Donde:

$\Delta U$  = porcentaje de la caída de tensión.

$W$  = potencia en kW.

$L$  = longitud del tramo en km.

$U$  = tensión en kV, será 0.4 kV.

$\cos \varphi = 0.9$ .

$R$  = resistencia eléctrica del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

$X$  = reactancia inductiva del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

En la siguiente tabla podemos encontrar los datos de la resistencia y la impedancia:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° ( $\Omega/\text{m}$ )	X ( $\Omega/\text{m}$ )
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	0.206	0.075
240	<b>0.125</b>	<b>0.070</b>

Tabla 2.52: Características de los conductores según fase.

(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).

En este caso tendríamos unos valores de  $R=0.125 \Omega/\text{km}$  y de  $X= 0.070 \Omega/\text{km}$ , con lo cual tendríamos una constante de  $\text{cte}=0.099314$ .

#### ANILLO 1 DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2 (7 CARGAS)

##### TRAMO 1 (4 CARGAS)

Tramo	Potencia	Longitud	c.d.t.	c.d.t acumulada
CT-4	177.275	0.093409	1.64454	1.64454
4-6	140.575	0.03704	0.5171	2.1614
6-8	101.00	0.02584	0.2591	2.42074
8-9	56.825	0.01292	0.0729	2.49364<5%

Tabla 2.53: Caídas de tensión en el tramo 1 del anillo.

##### TRAMO 2 (3 CARGAS)

Tramo	Potencia	Longitud	c.d.t.	c.d.t acumulada
CT3-3	146.325	0.08184	1.18930	1.8930
3-5	106.75	0.02412	0.25571	1.4450
5-7	60.85	0.0879	0.53132	1.9762<5%

Tabla 2.54: Caídas de tensión en el tramo 2 del anillo.



**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2**

**ANILLO 2**

**2.5. Potencias conectadas en el ANILLO 2 del CT 2 (12 CARGAS)**

▪ **CARGAS PERTENECIENTES AL ANILLO:**

Las cargas pertenecientes al anillo 2 del Centro de Transformación 2 son las siguientes:

$$CGP1 = 11 * EB + SERVICIOS GENERALES + GARAJE2 = 138.05 \text{ kW}$$

$$CGP1 = 11 * 5.75 + (4.5 + 3.45) + 66.86 = 138.05 \text{ kW}$$

$$CGP2 = 11 * EB + SERVICIOS GENERALES = 71.2 \text{ kW}$$

$$CGP2 = 11 * 5.75 + 4.5 + 3.45 = 71.2 \text{ kW}$$

$$CGP10 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP10 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP11 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP11 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP12 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP12 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP13 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP13 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP14 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP14 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP15 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP15} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP16} = 2 * \text{EE} = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP16} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP17} = 2 * \text{EE} = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP17} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

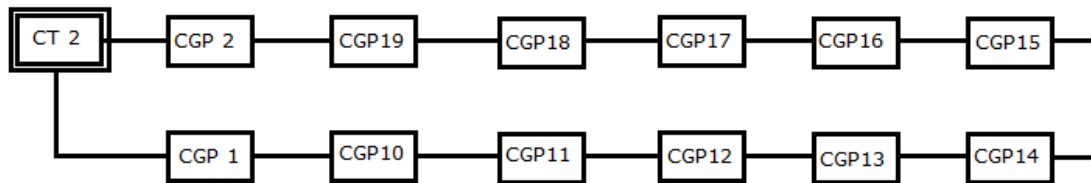
$$\text{CGP18} = 2 * \text{EE} = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP18} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP19} = 2 * \text{EE} = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP19} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

▪ **CONFIGURACIÓN DEL ANILLO:**



**2.5.1. Determinación del punto de mínima tensión.**

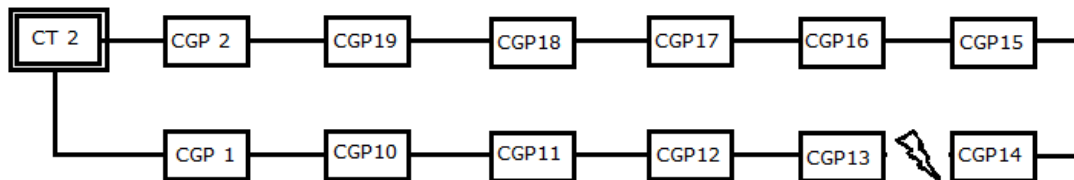
La longitud a la que se encuentra situado el punto de mínima tensión se determina mediante la expresión:

$$p.m.t = \frac{\sum P * L}{P_T}$$

P = Potencia en kw

L = Longitud desde el origen a cada punto en m.

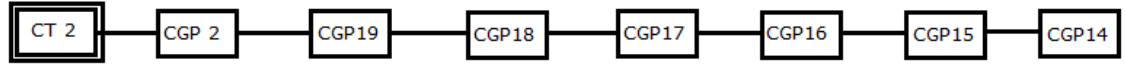
$$p.m.t = [(71.2 * 69.29) + (18.4 * 94.58) + (18.4 * 106.76) + (18.4 * 118.94) + (18.4 * 155.325) + (18.4 * 168.625) + (18.4 * 194.795) + (18.4 * 206.975) + (18.4 * 219.155) + (18.4 * 231.33) + (138.05 * 255.025)] / 374.84 = 187.310 m$$



El punto de mínima tensión se encuentra entre los puntos **CGP13** y **CGP14** a una distancia al origen de **187.310 m**, por tanto abriremos la línea dividiéndola en dos tramos de acuerdo con los esquemas representados a continuación.

### 2.5.2. RAMA 1 del ANILLO 2 ∞ CT2 – CGP14 (7 CARGAS)

#### ▪ CONFIGURACIÓN DE LA RAMA 1:



#### 2.5.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección.

Se determina a partir del cálculo de la intensidad de corriente en el tramo más desfavorable, en nuestro caso con la potencia acumulada en el punto **CGP5** teniendo en cuenta los valores de los coeficientes de simultaneidad que establece el REBT en su ITC-BT-10 en los edificios destinados a viviendas.

##### **CGP 14**

$$p_m = \frac{2 * 9.2}{2} = 9.2$$

$$c.s = 2$$

$$P_{14} = (9.2 * 2) = 18.4 \text{ kW}$$

##### **CGP 15**

$$p_m = \frac{4 * 9.2}{4} = 9.2$$

$$c.s = 3.8$$

$$P_{15} = (9.2 * 3.8) = 34.96 \text{ kW}$$

##### **CGP 16**

$$p_m = \frac{6 * 9.2}{6} = 9.2$$

$$c.s = 5.4$$

$$P_{16} = (9.2 * 5.4) = 49.68 \text{ kW}$$

##### **CGP 17**

$$p_m = \frac{8 * 9.2}{8} = 9.2$$

$$c.s = 7$$

$$P_{17} = (9.2 * 7) = 64.4 \text{ kW}$$

#### **CGP 18**

$$pm = \frac{10 * 9.2}{10} = 9.2$$

$$c.s = 8.5$$

$$P_{18} = (9.2 * 8.5) = 78.2 \text{ kW}$$

#### **CGP 19**

$$pm = \frac{12 * 9.2}{12} = 9.2$$

$$c.s = 9.9$$

$$P_{19} = (9.2 * 9.9) = 91.08 \text{ kW}$$

#### **CGP 2**

$$pm = \frac{12 * 9.2 + 11 * 5.75}{23} = 7.55$$

$$c.s = 15.3 + (23 - 21) * 0.5 = 16.3$$

$$P_2 = (7.55 * 16.3) + 7.95 = 131.015 \text{ kW}$$

La potencia total que circula por la rama

$$P = 131.015 \text{ kW}$$

Cálculo de la intensidad que circulará por cada rama del anillo mediante la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

Donde:

$$U = 0,4 \text{ kV}$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

$$I = \frac{116027}{\sqrt{3} * 400 * 0.9} = 210.115 \text{ A}$$

De las siguientes tablas obtenemos:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	0.206	0.075
240	<b>0.125</b>	<b>0.070</b>

**Tabla 2.55: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

Cable	Intensidad nominal del fusible					
	100	125	160	200	250	315
XZ1(S) 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	135	
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	<b>260</b>	195
	Longitud en metros					

**Tabla 2.56: Protección contra cortocircuito. Intensidad nominal del fusible.**  
**(VER TABLA: página 8. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

El fusible seleccionado según los parámetros a proteger es:

- El cable XZ1(S) 0.6 / 1 KV
- La intensidad nominal del fusible seleccionado es 250 (A) > 210.115 (A)
- Longitud que alcanza el fusible seleccionado protegida por cortocircuito es 260 m > 180.805 m.

**El fusible seleccionado corresponde a  $I_n = 250$  A con alcance 260 metros.**

### 2.5.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento.

Para comprobar que la intensidad que pasará por el conductor no sobrepase su valor límite compararemos ésta con la que nos proporciona el tipo de conductor elegido y le aplicaré un factor de corrección para el caso que sea necesario.

En nuestro caso al tener una instalación tipo el único factor de corrección utilizado será por agrupación de cables.

Utilizaremos las siguientes tablas según NORMA UNE 211435 para determinar el factor de corrección y la sección del conductor en función de la intensidad máxima admisible.

En este caso, y debido a la inexistencia de algún motor, no existe sobredimensionamiento con lo cual, la corriente que circula por la rama corresponde a la corriente máxima.

$$I_{\text{máx}} = 1.25 \cdot I$$

$$I_{\text{máx}} = I$$

$$I_{\text{máx}} = 210.115 \text{ A}$$

La corriente máxima prima se debe a la corriente que circula una vez tenido en cuenta los factores de corrección correspondientes. Para Instalaciones Eléctricas en Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión.

(° C)	Temperatura del terreno en cables soterrados °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90*	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
105*	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.83

**Tabla 2.57: A.6. (UNE 211435). Factores de corrección para las distintas temperaturas.**

**(VER TABLA: Tabla 7. (ITC LAT-06) Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C)**



(k.m/W)	Resistividad del terreno						
sección	0.8 k.m/W	0.9 k.m/W	1 k.m/W	1.5 k.m/W	2 k.m/W	2.5 k.m/W	3 k.m/W
25	1.25	1.20	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
35	1.25	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
50	1.26	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.74
70	1.27	1.22	1.17	1.00	0.89	0.81	0.74
95	1.28	1.22	1.18	1.00	0.89	0.80	0.74
120	1.28	1.22	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
150	1.28	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
185	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
240	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
300	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
400	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.79	0.73

**Tabla 2.58: A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.**

**(VER TABLA: Tabla 8. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W)**

Cables de 0.6/1 kV	
Profundidad (m)	Soterrados
0.50	1.04
0.60	1.02
0.70	<b>1.00</b>
0.80	0.99
1.00	0.97
1.25	0.95
1.50	0.93
1.75	0.92
2.00	0.91
2.05	0.89
3.00	0.88

**Tabla 2.59: A.8. (UNE 211435) Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 11. (ITC LAT-06). Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 m)**

Circuitos en directamente soterrados					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	contacto	200	400	600	800
2	<b>0.82</b>	0.88	0.92	0.94	0.96
3	0.71	0.79	0.84	0.88	0.91
4	0.64	0.74	0.81	0.85	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.83	0.86
6	0.56	0.67	0.76	0.82	0.85
7	0.53	0.65	0.74	0.80	-
8	0.51	0.63	0.73	0.80	-
9	0.49	0.62	0.72	0.79	-
10	0.48	0.61	0.71	-	-

**Tabla 2.60: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.82.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{I}{f_c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 2 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{210.115}{0.82} = 218.869 \text{ A}$$

Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo del anillo a estudiar, en este caso el tramo 1 del anillo 2 del Centro de Transformación 2, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.

Intensidad máxima admisible en Aislamiento de XLPE. Conductor Cu o Al.			
Sección	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido al sol
<b>Aluminio</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	<b>340</b>	305	390
<b>Cobre</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

**Tabla 2.61: cables de distribución tipo RVo Al XZ1(S) de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 12.(ITC LAT-06) Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. )**

Temperatura del terreno en °C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Profundidad de soterramiento en m 0.70.

Escogemos una intensidad admisible de 260 A a la cual le corresponde una sección de 150 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 260 = 249.6 \text{ A}$$

El fusible seleccionado es de 250 (A) y no es válido al no estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$249.6 \text{ (A)} > 210.115 \text{ (A)}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

$$f.d.c. = \frac{210.115}{249.6} = 0.85066 > 0.85$$

El factor de carga no es el correcto puesto que supera los límites establecidos, entonces pues tenemos que aumentar la sección del conductor y recalcular:

Escogemos una intensidad admisible de 340 A a la cual le corresponde una sección de 240 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 340 = 326.4 \text{ A}$$

El fusible seleccionado es de 250 (A) y es válido al estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$326.4 \text{ (A)} > 210.115 \text{ (A)}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

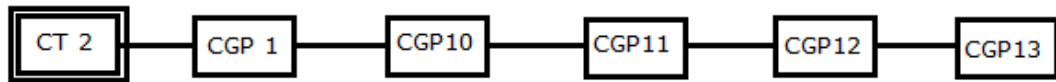
$$f.d.c. = \frac{210.115}{326.4} = 0.643 < 0.85$$

El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto, y es el siguiente:

**(3x240 mm<sup>2</sup>) + (1x150 mm<sup>2</sup>) de Al RV 0.6/1 kV**

### 2.5.3. RAMA 2 del ANILLO 2 ∞ CT2 – CGP13 (5 CARGAS)

#### ▪ CONFIGURACIÓN DE LA RAMA 2:



#### 2.5.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección.

Se determina a partir del cálculo de la intensidad de corriente en el tramo más desfavorable, en nuestro caso con la potencia acumulada en el punto **CGP1** teniendo en cuenta los valores de los coeficientes de simultaneidad que establece el REBT en su ITC-BT-10 en los edificios destinados a viviendas.

##### **CGP 13**

$$p_m = \frac{2 * 9.2}{2} = 9.2$$

$$c.s = 2$$

$$P_{13} = (9.2 * 2) = 18.4 \text{ kW}$$

##### **CGP 12**

$$p_m = \frac{4 * 9.2}{4} = 9.2$$

$$c.s = 3.8$$

$$P_{12} = (9.2 * 3.8) = 34.96 \text{ kW}$$

##### **CGP 11**

$$p_m = \frac{6 * 9.2}{6} = 9.2$$

$$c.s = 5.4$$

$$P_{11} = (9.2 * 5.4) = 49.68 \text{ kW}$$

**CGP 10**

$$p_m = \frac{8 * 9.2}{8} = 9.2$$

$$c. s = 7$$

$$P_{10} = (9.2 * 7) = 64.4 \text{ kW}$$

**CGP 1**

$$p_m = \frac{8 * 9.2 + 11 * 5.75}{19} = 7.20$$

$$c. s = 14.3$$

$$P_1 = (7.20 * 14.3) + 7.95 + 66.85 = 177.75 \text{ kW}$$



La potencia total que circula por la rama

$$P = 177.75 \text{ kW}$$

Cálculo de la intensidad que circulará por cada rama del anillo mediante la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

Donde:

$$U = 0,4 \text{ kV}$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

$$I = \frac{177750}{\sqrt{3} * 400 * 0.9} = 285.08 \text{ A}$$

De las siguientes tablas obtenemos:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	0.206	0.075
240	<b>0.125</b>	<b>0.070</b>

**Tabla 2.62: Características de los conductores según fase.**  
**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

Cable	Intensidad nominal del fusible					
	100	125	160	200	250	315
XZ1(S) 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	135	
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	<b>195</b>
	Longitud en metros					

**Tabla 2.63: Protección contra cortocircuito. Intensidad nominal del fusible.**  
**(VER TABLA: página 8. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

El fusible seleccionado según los parámetros a proteger es:

- El cable XZ1(S) 0.6 / 1 KV
- La intensidad nominal del fusible seleccionado es 315 (A) > 177.75 (A)
- Longitud que alcanza el fusible seleccionado protegida por cortocircuito es 195 m > 147.46 m.

**El fusible seleccionado corresponde a  $I_n = 315$  A con alcance 195 metros.**

### 2.5.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento.

Para comprobar que la intensidad que pasará por el conductor no sobrepase su valor límite compararemos ésta con la que nos proporciona el tipo de conductor elegido y le aplicaré un factor de corrección para el caso que sea necesario.

En nuestro caso al tener una instalación tipo el único factor de corrección utilizado será por agrupación de cables.

Utilizaremos las siguientes tablas según NORMA UNE 211435 para determinar el factor de corrección y la sección del conductor en función de la intensidad máxima admisible.

En este caso, y debido a la inexistencia de algún motor, no existe sobredimensionamiento con lo cual, la corriente que circula por la rama corresponde a la corriente máxima.

$$I_{\text{máx}} = 1.25 \cdot I$$

$$I_{\text{máx}} = I$$

$$I_{\text{máx}} = 285.08 \text{ A}$$

La corriente máxima prima se debe a la corriente que circula una vez tenido en cuenta los factores de corrección correspondientes. Para Instalaciones Eléctricas en Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión.

(° C)	Temperatura del terreno en cables soterrados °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90*	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
105*	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.83

**Tabla 2.64: A.6. (UNE 211435). Factores de corrección para las distintas temperaturas.**

**(VER TABLA: Tabla 7. (ITC LAT-06 ) Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C )**

(k.m/W)	Resistividad del terreno						
sección	0.8 k.m/W	0.9 k.m/W	1 k.m/W	1.5 k.m/W	2 k.m/W	2.5 k.m/W	3 k.m/W
25	1.25	1.20	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
35	1.25	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
50	1.26	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.74
70	1.27	1.22	1.17	1.00	0.89	0.81	0.74
95	1.28	1.22	1.18	1.00	0.89	0.80	0.74
120	1.28	1.22	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
150	1.28	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
185	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
240	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
300	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
400	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.79	0.73

**Tabla 2.65: A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.**

**(VER TABLA: Tabla 8. (ITC LAT-06). Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W)**

Cables de 0.6/1 kV	
Profundidad (m)	Soterrados
0.50	1.04
0.60	1.02
0.70	<b>1.00</b>
0.80	0.99
1.00	0.97
1.25	0.95
1.50	0.93
1.75	0.92
2.00	0.91
2.05	0.89
3.00	0.88

Tabla 2.66: A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.

(VER TABLA: Tabla 8. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W)

Circuitos en directamente soterrados					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	contacto	200	400	600	800
2	<b>0.82</b>	0.88	0.92	0.94	0.96
3	0.71	0.79	0.84	0.88	0.91
4	0.64	0.74	0.81	0.85	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.83	0.86
6	0.56	0.67	0.76	0.82	0.85
7	0.53	0.65	0.74	0.80	-
8	0.51	0.63	0.73	0.80	-
9	0.49	0.62	0.72	0.79	-
10	0.48	0.61	0.71	-	-

**Tabla 2.67: A.8. (UNE 211435) Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 11. (ITC LAT-06). Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 m)**

El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.82.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{I}{f_c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 2 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{285.08}{0.82} = 296.95 \text{ A}$$

Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo del anillo a estudiar, en este caso el tramo 2 del anillo 2 del Centro de Transformación 2, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.

Intensidad máxima admisible en Aislamiento de XLPE. Conductor Cu o Al.			
Sección	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido al sol
<b>Aluminio</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	<b>340</b>	305	390
<b>Cobre</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

**Tabla 2.68: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

Temperatura del terreno en ° C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Profundidad de soterramiento en m 0.70.

Escogemos una intensidad admisible de 340 A a la cual le corresponde una sección de 240 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 340 = 326.4 \text{ A}$$

En esta ocasión, nuestro fusible seleccionado es de 315 (A) y es válido al estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$326.4 \text{ (A)} > 285.08 \text{ (A)}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

$$f.d.c. = \frac{285.08}{326.4} = 0.84 > 0.85$$

El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto, y es el siguiente:

**(3x240 mm<sup>2</sup>) + (1x150 mm<sup>2</sup>) de Al RV 0.6/1 kV**



#### 2.5.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2.

Según normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo se recomienda que sea igual por las dos ramas, por tanto el diseño final de la red de distribución será:

El cálculo de la caída de tensión se realiza en función del momento eléctrico ( $W \cdot L$ ), donde la caída de tensión  $\% \Delta U$  viene dada en  $\%$  de la tensión compuesta  $U$  en voltios.

Lo obtenemos con la siguiente fórmula:

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot \tan \varphi)$$

$$cte = \frac{R + X \cdot \tan \varphi}{10 \cdot U^2}$$

Donde:

$\Delta U$  = porcentaje de la caída de tensión.

$W$  = potencia en kW.

$L$  = longitud del tramo en km.

$U$  = tensión en kV, será 0.4 kV.

$\cos \varphi = 0.9$ .

$R$  = resistencia eléctrica del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

$X$  = reactancia inductiva del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

En la siguiente tabla podemos encontrar los datos de la resistencia y la impedancia:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° ( $\Omega/\text{m}$ )	X ( $\Omega/\text{m}$ )
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	0.206	0.075
240	<b>0.125</b>	<b>0.070</b>

Tabla 2.69: Características de los conductores según fase.

(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).

En este caso tendríamos unos valores de  $R=0.125 \Omega/\text{km}$  y de  $X= 0.070 \Omega/\text{km}$ , con lo cual tendríamos una constante de  $\text{cte}=0.099314$ .

#### TRAMO 1 (7 CARGAS)

Tramo	Potencia	Longitud	c.d.t.	c.d.t acumulada
CT-2	131.015	0.06929	0.90157	0.90157
2-19	91.08	0.02529	0.22876	1.13033
19-18	78.2	0.01218	0.09459	1.22492
18-17	64.4	0.01218	0.07790	1.30282
17-16	49.65	0.01218	0.06000	1.36287
6-15	34.96	0.036385	0.12639	1.489199
15-14	18.4	0.0133	0.02430	1.5135<5%

Tabla 2.70: Caídas de tensión en el tramo 1 del anillo.

#### TRAMO 2 (5 CARGAS)

Tramo	Potencia	Longitud	c.d.t.	c.d.t acumulada
CT-1	177.76	0.08437	1.4894	1.4894
1-10	64.4	0.02469	0.15791	1.6473
10-11	48.68	0.01218	0.06000	1.70739
11-12	34.96	0.01218	0.04228	1.74967
12-13	18.4	0.01218	0.02225	1.77192<5%

Tabla 2.71: Caídas de tensión en el tramo 1 del anillo.

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 3**

**ANILLO 1**

**2.6. Potencias conectadas en el ANILLO 1 del CT 3 (17 CARGAS)**

▪ **CARGAS PERTENECIENTES AL ANILLO:**

Las cargas pertenecientes al anillo 1 del Centro de Transformación 4 son las siguientes:

$$CGP1 = 1 * EE + JARJDÍN2 = 20.801 \text{ kW}$$

$$CGP1 = 1 * 9.2 + 11.601 = 20.801 \text{ kW}$$

$$CGP2 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP2 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP3 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP3 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP4 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP4 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP5 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP5 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP6 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP6 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP7 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CG7 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP8 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP8 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP9 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP9 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP10 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP10 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP11 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CG11 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP12 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP12 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP13 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP13 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP14 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP14 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP15 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP15 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

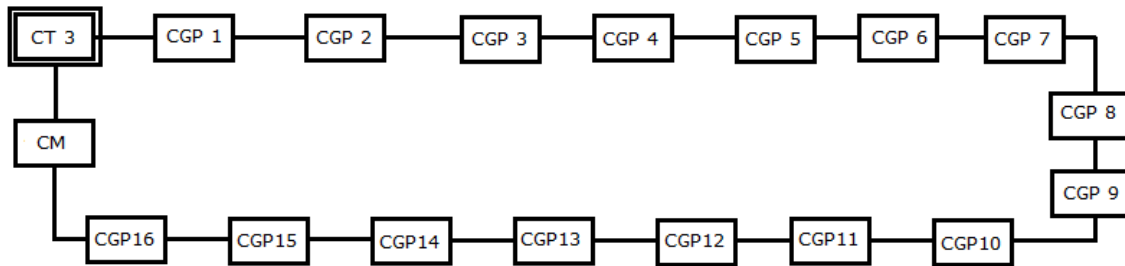
$$CGP16 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP16 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGPCM = 1 * CM = 20 \text{ kW}$$

$$CGPCM = 1 * 20 = 20 \text{ kW}$$

▪ **CONFIGURACIÓN DEL ANILLO:**



**2.6.1. Determinación del punto de mínima tensión.**

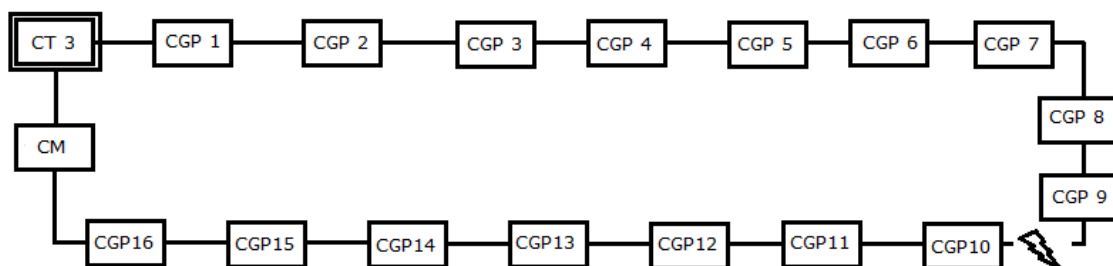
La longitud a la que se encuentra situado el punto de mínima tensión se determina mediante la expresión:

$$p.m.t = \frac{\sum P * L}{P_T}$$

P = Potencia en kw

L = Longitud desde el origen a cada punto en m.

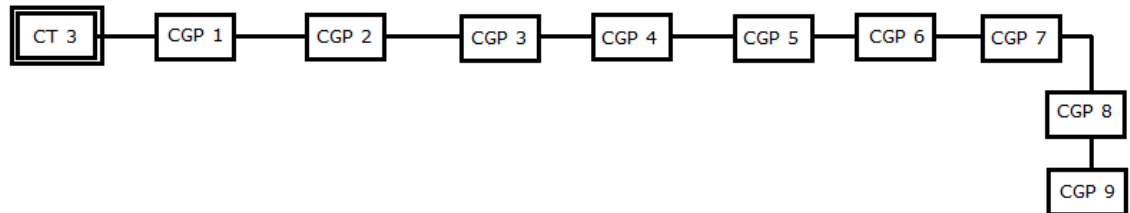
$$\begin{aligned} p.m.t = & [(20.801 * 2) + (18.4 * 27.41) + (18.4 * 41.17) + (18.4 * 54.93) + (18.4 * 68.69) + (18.4 * 82.45) \\ & + (18.4 * 96.21) + (18.4 * 109.97) + (18.4 * 123.73) + (18.4 * 284.92) + (18.4 * 298.86) \\ & + (18.4 * 312.8) + (18.4 * 326.74) + (18.4 * 340.68) + (18.4 * 354.62) \\ & + (18.4 * 368.56)] / 316.801 = 195.2737 \text{ m} \end{aligned}$$



El punto de mínima tensión se encuentra entre los puntos **CGP9** y **CGP10** a una distancia al origen de **195.2737 m**, por tanto abriremos la línea dividiéndola en dos tramos de acuerdo con los esquemas representados a continuación.

### 2.6.2. RAMA 1 del ANILLO 1 ∞ va desde CT3 hasta CGP9 (9 CARGAS)

#### ■ CONFIGURACIÓN DE LA RAMA 1:



#### 2.6.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección.

Se determina a partir del cálculo de la intensidad de corriente en el tramo más desfavorable, en nuestro caso con la potencia acumulada en el punto **CGP1** teniendo en cuenta los valores de los coeficientes de simultaneidad que establece el REBT en su ITC-BT-10 en los edificios destinados a viviendas.

##### CGP 9

$$p_m = \frac{2 * 9.2}{2} = 9.2$$

$$c.s = 2$$

$$P_9 = (9.2 * 2) = 18.4 \text{ kW}$$

##### CGP 8

$$p_m = \frac{4 * 9.2}{4} = 9.2$$

$$c.s = 3.8$$

$$P_8 = (9.2 * 3.8) = 34.96 \text{ kW}$$

##### CGP 7

$$p_m = \frac{6 * 9.2}{6} = 9.2$$

$$c.s = 5.4 P_7 = (9.2 * 5.4) = 49.68 \text{ kW}$$

##### CGP 6

$$pm = \frac{8 * 9.2}{8} = 9.2$$

$$c.s = 7$$

$$P_6 = (9.2 * 7) = 64.4 \text{ kW}$$

#### **CGP 5**

$$pm = \frac{10 * 9.2}{10} = 9.2$$

$$c.s = 8.5$$

$$P_5 = (9.2 * 8.5) = 78.2 \text{ kW}$$

#### **CGP 4**

$$pm = \frac{12 * 9.2}{12} = 9.2$$

$$c.s = 9.9$$

$$P_4 = (9.2 * 9.9) = 91.08 \text{ kW}$$

#### **CGP 3**

$$pm = \frac{14 * 9.2}{14} = 9.2$$

$$c.s = 11.3$$

$$P_3 = (9.2 * 11.3) = 103.96 \text{ kW}$$

#### **CGP 2**

$$pm = \frac{16 * 9.2}{16} = 9.2$$

$$c.s = 12.5$$

$$P_2 = (9.2 * 12.5) = 115 \text{ kW}$$

#### **CGP 1**

$$pm = \frac{17 * 9.2}{17} = 9.2$$

$$c.s = 13.1$$

$$P_1 = (5.75 * 13.1) + 11.601 = 132.121 \text{ kW}$$

La potencia total que circula por la rama

$$P = 132.121 \text{ kW}$$

Cálculo de la intensidad que circulará por cada rama del anillo mediante la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

Donde:

$$U = 0,4 \text{ kV}$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

$$I = \frac{132121}{\sqrt{3} * 400 * 0.9} = 211.889 \text{ A}$$

De las siguientes tablas obtenemos:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	<b>0.206</b>	<b>0.075</b>
240	0.125	0.070

**Tabla 2.72: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**



Cable	Intensidad nominal del fusible					
	100	125	160	200	250	315
XZ1(S) 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	<b>135</b>	
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
	Longitud en metros					

**Tabla 2.73: Protección contra cortocircuito. Intensidad nominal del fusible.**  
**(VER TABLA: página 8. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

El fusible seleccionado según los parámetros a proteger es:

- El cable XZ1(S) 0.6 / 1 KV
- La intensidad nominal del fusible seleccionado es 250 (A) > 211.889 (A)
- Longitud que alcanza el fusible seleccionado protegida por cortocircuito es 135 m > 123.73m

**El fusible seleccionado corresponde a  $I_n = 250$  A con alcance 135 metros.**

### 2.6.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento.

Para comprobar que la intensidad que pasará por el conductor no sobrepase su valor límite compararemos ésta con la que nos proporciona el tipo de conductor elegido y le aplicaré un factor de corrección para el caso que sea necesario.

En nuestro caso al tener una instalación tipo el único factor de corrección utilizado será por agrupación de cables.

Utilizaremos las siguientes tablas según NORMA UNE 211435 para determinar el factor de corrección y la sección del conductor en función de la intensidad máxima admisible.

En este caso, y debido a la inexistencia de algún motor, no existe sobredimensionamiento con lo cual, la corriente que circula por la rama corresponde a la corriente máxima.

$$I_{\text{máx}} = 1.25 \cdot I$$

$$I_{\text{máx}} = I$$

$$I_{\text{máx}} = 211.889 \text{ A}$$

La corriente máxima prima se debe a la corriente que circula una vez tenido en cuenta los factores de corrección correspondientes. Para Instalaciones Eléctricas en Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión.

(° C)	Temperatura del terreno en cables soterrados °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90*	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
105*	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.83

Tabla 2.47: A.6. (UNE 211435). Factores de corrección para las distintas temperaturas.

(VER TABLA: Tabla 7. (ITC LAT-06) Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C

(k.m/W)	Resistividad del terreno						
sección	0.8 k.m/W	0.9 k.m/W	1 k.m/W	1.5 k.m/W	2 k.m/W	2.5 k.m/W	3 k.m/W
25	1.25	1.20	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
35	1.25	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
50	1.26	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.74
70	1.27	1.22	1.17	1.00	0.89	0.81	0.74
95	1.28	1.22	1.18	1.00	0.89	0.80	0.74
120	1.28	1.22	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
150	1.28	1.23	1.18	<u>1.00</u>	0.88	0.80	0.74
185	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
240	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
300	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
400	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.79	0.73

**Tabla 2.75: A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.**

Cables de 0.6/1 Kv	
Profundidad (m)	Soterrados
0.50	1.04
0.60	1.02
0.70	<b>1.00</b>
0.80	0.99
1.00	0.97
1.25	0.95
1.50	0.93
1.75	0.92
2.00	0.91
2.05	0.89
3.00	0.88

Tabla 2.76: A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.

(VER TABLA: Tabla 8. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W)

Circuitos en directamente soterrados					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	<b>0.82</b>	0.88	0.92	0.94	0.96
3	0.71	0.79	0.84	0.88	0.91
4	0.64	0.74	0.81	0.85	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.83	0.86
6	0.56	0.67	0.76	0.82	0.85
7	0.53	0.65	0.74	0.80	-
8	0.51	0.63	0.73	0.80	-
9	0.49	0.62	0.72	0.79	-
10	0.48	0.61	0.71	-	-

**Tabla 2.77: A.8. (UNE 211435) Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 11. (ITC LAT-06 . Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 m)**

El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.82.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{211.889}{f_c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 2 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{266.719}{0.82} = 220.717 \text{ A}$$

Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo del anillo a estudiar, en este caso el tramo 1 del anillo 1 del Centro de Transformación 3, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.

Intensidad máxima admisible en Aislamiento de XLPE. Conductor Cu o Al.			
Sección	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido al sol
<b>Aluminio</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	<b>260</b>	230	290
240	340	305	390
<b>Cobre</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

**Tabla 2.78: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

Temperatura del terreno en °C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Profundidad de soterramiento en m 0.70.

Escogemos una intensidad admisible de 260 A a la cual le corresponde una sección de 150 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 260 = 249.6 \text{ A}$$

Nuestro Fusible seleccionado es de 250 (A) y no es válido, puesto que no está entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$249.6 \text{ (A)} > 211.889 \text{ (A)}$$

$$f.d.c. = \frac{I}{f.c}$$

$$f.d.c. = \frac{211.889}{249.6} = 0.849 < 0.85$$

En este caso, muy justo pero se ajustaría dentro del límite de factor de corrección, pero es necesario recalcular valores, puesto que a lo largo del presente proyecto se ha sido bastante conservador y cauto.

Escogemos una intensidad admisible de 340 A a la cual le corresponde una sección de 240 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f.c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 340 = 326.4 \text{ A}$$

El fusible seleccionado es de 250 (A) y es válido al estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$326.4 \text{ (A)} > 211.889 \text{ (A)}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

$$f.d.c. = \frac{211.889}{326.4} = 0.649 < 0.85$$

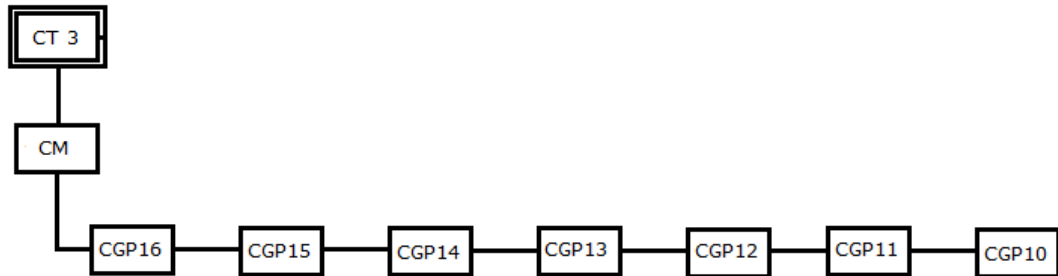
El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto, y es el siguiente:

**(3x240 mm<sup>2</sup>) + (1x150 mm<sup>2</sup>) de Al RV 0.6/1 kV**



### 2.6.3. RAMA 2 del ANILLO 1 ∞ va desde CT 3 hasta CGP10 (8 CARGAS)

#### ■ CONFIGURACIÓN DE LA RAMA 2:



#### 2.6.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección.

Se determina a partir del cálculo de la intensidad de corriente en el tramo más desfavorable, en nuestro caso con la potencia acumulada en el punto del **CENTRO DE MANDO** teniendo en cuenta los valores de los coeficientes de simultaneidad que establece el REBT en su ITC-BT-10 en los edificios destinados a viviendas.

##### CGP 10

$$p_m = \frac{2 * 9.2}{2} = 9.2$$

$$c.s = 2$$

$$P_{10} = (9.2 * 2) = 18.4 \text{ kW}$$

##### CGP 11

$$p_m = \frac{4 * 9.2}{4} = 9.2$$

$$c.s = 3.8$$

$$P_{11} = (9.2 * 3.8) = 34.96 \text{ kW}$$

##### CGP 12

$$p_m = \frac{6 * 9.2}{6} = 9.2$$

$$c.s = 5.4$$

$$P_{12} = (9.2 * 5.4) = 49.68 \text{ kW}$$

#### **CGP 13**

$$p_m = \frac{8 * 9.2}{8} = 9.2$$

$$c.s = 7$$

$$P_{13} = (9.2 * 7) = 64.4 \text{ kW}$$

#### **CGP 14**

$$p_m = \frac{10 * 9.2}{10} = 9.2$$

$$c.s = 8.5$$

$$P_{14} = (9.2 * 8.5) = 78.2 \text{ kW}$$

#### **CGP 15**

$$p_m = \frac{12 * 9.2}{12} = 9.2$$

$$c.s = 9.9$$

$$P_{15} = (9.2 * 9.9) = 91.08 \text{ kW}$$

#### **CGP 16**

$$p_m = \frac{14 * 9.2}{14} = 9.2$$

$$c.s = 11.3$$

$$P_{16} = (9.2 * 11.3) = 103.96 \text{ kW}$$

#### **CGP CMANDO**

$$p_m = \frac{14 * 9.2}{14} = 9.2$$

$$c.s = 11.3$$

$$P_{CMANDO} = (9.2 * 11.3) + 20 = 123.96 \text{ kW}$$

La potencia total que circula por la rama

$$P = 123.96 \text{ kW}$$

Cálculo de la intensidad que circulará por cada rama del anillo mediante la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

Donde:

$$U = 0,4 \text{ kV}$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

$$I = \frac{123.96}{\sqrt{3} * 400 * 0.9} = 198.8 \text{ A}$$

De las siguientes tablas obtenemos:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	<b>0.206</b>	<b>0.075</b>
240	0.125	0.070

**Tabla 2.79: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

Cable	Intensidad nominal del fusible					
	100	125	160	200	250	315
XZ1(S) 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	<b>215</b>	135	
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
	Longitud en metros					

**Tabla 2.80: Protección contra cortocircuito. Intensidad nominal del fusible.**  
**(VER TABLA: página 8. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

El fusible seleccionado según los parámetros a proteger es:

- El cable XZ1(S) 0.6 / 1 KV 3
- La intensidad nominal del fusible seleccionado es 200 (A) > 198.8 (A)
- Longitud que alcanza el fusible seleccionado protegida por cortocircuito es 215 m > 132.24 m.

**El fusible seleccionado corresponde a  $I_n = 200$  A con alcance 215 metros.**

### 2.6.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento.

Para comprobar que la intensidad que pasará por el conductor no sobrepase su valor límite compararemos ésta con la que nos proporciona el tipo de conductor elegido y le aplicaré un factor de corrección para el caso que sea necesario.

En nuestro caso al tener una instalación tipo el único factor de corrección utilizado será por agrupación de cables.

Utilizaremos las siguientes tablas según NORMA UNE 211435 para determinar el factor de corrección y la sección del conductor en función de la intensidad máxima admisible.

En este caso, y debido a la inexistencia de algún motor, no existe sobredimensionamiento con lo cual, la corriente que circula por la rama corresponde a la corriente máxima.

$$I_{\text{máx}} = 1.25 \cdot I$$

$$I_{\text{máx}} = I$$

$$I_{\text{máx}} = 198.8 \text{ A}$$

La corriente máxima prima se debe a la corriente que circula una vez tenido en cuenta los factores de corrección correspondientes. Para Instalaciones Eléctricas en Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión.

(° C)	Temperatura del terreno en cables soterrados °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90*	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
105*	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.83

**Tabla 2.81: A.6. (UNE 211435). Factores de corrección para las distintas temperaturas.**

**(VER TABLA: Tabla 7. (ITC LAT-06 ) Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C)**

(k.m/W)	Resistividad del terreno						
sección	0.8 k.m/W	0.9 k.m/W	1 k.m/W	1.5 k.m/W	2 k.m/W	2.5 k.m/W	3 k.m/W
25	1.25	1.20	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
35	1.25	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
50	1.26	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.74
70	1.27	1.22	1.17	1.00	0.89	0.81	0.74
95	1.28	1.22	1.18	1.00	0.89	0.80	0.74
120	1.28	1.22	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
150	1.28	1.23	1.18	<u>1.00</u>	0.88	0.80	0.74
185	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
240	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
300	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
400	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.79	0.73

**Tabla 2.82: A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.**

**(VER TABLA: Tabla 8. (ITC LAT-06). Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W)**

Cables de 0.6/1 kV	
Profundidad (m)	Soterrados
0.50	1.04
0.60	1.02
0.70	<b><u>1.00</u></b>
0.80	0.99
1.00	0.97
1.25	0.95
1.50	0.93
1.75	0.92
2.00	0.91
2.05	0.89
3.00	0.88

**Tabla 2.83: A.8. (UNE 211435) Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 11. (ITC LAT-06). Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 m)**

Circuitos en directamente soterrados					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	<b>0.82</b>	0.88	0.92	0.94	0.96
3	0.71	0.79	0.84	0.88	0.91
4	0.64	0.74	0.81	0.85	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.83	0.86
6	0.56	0.67	0.76	0.82	0.85
7	0.53	0.65	0.74	0.80	-
8	0.51	0.63	0.73	0.80	-
9	0.49	0.62	0.72	0.79	-
10	0.48	0.61	0.71	-	-

**Tabla 2.84: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.82.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{I}{f_c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 2 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{198.8}{0.82} = 207.08 \text{ A}$$

Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo del anillo a estudiar, en este caso el tramo 2 del anillo 1 del Centro de Transformación 3, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.



Intensidad máxima admisible en Aislamiento de XLPE. Conductor Cu o Al.			
Sección	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido al sol
<b>Aluminio</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	<b>260</b>	230	290
240	340	305	390
<b>Cobre</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

**Tabla 2.85: cables de distribución tipo RVo Al XZ1(S) de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 12. (ITC LAT-06) Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna.)**

Temperatura del terreno en °C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Profundidad de soterramiento en m 0.70.

Escogemos una intensidad admisible de 260 A a la cual le corresponde una sección de 150 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 260 = 249.6 \text{ A}$$

Nuestro Fusible seleccionado es de 200 (A) y es válido al estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$249.6 \text{ (A)} > 198.8 \text{ (A)}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto, y es el siguiente:

**(3x150 mm<sup>2</sup>) + (1x95 mm<sup>2</sup>) de Al RV 0.6/1 kV**

#### 2.6.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2.

Según normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo se recomienda que sea igual por las dos ramas, por tanto el diseño final de la red de distribución será:

El cálculo de la caída de tensión se realiza en función del momento eléctrico ( $W \cdot L$ ), donde la caída de tensión  $\% \Delta U$  viene dada en  $\%$  de la tensión compuesta  $U$  en voltios.

Lo obtenemos con la siguiente fórmula:

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot \tan \varphi)$$

$$cte = \frac{R + X \cdot \tan \varphi}{10 \cdot U^2}$$

Donde:

$\Delta U$  = porcentaje de la caída de tensión.

$W$  = potencia en kW.

$L$  = longitud del tramo en km.

$U$  = tensión en kV, será 0.4 kV.

$\cos \varphi = 0.9$ .

$R$  = resistencia eléctrica del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

$X$  = reactancia inductiva del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

En la siguiente tabla podemos encontrar los datos de la resistencia y la impedancia:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° ( $\Omega/\text{m}$ )	X ( $\Omega/\text{m}$ )
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	<b>0.206</b>	<b>0.075</b>
240	0.125	0.070

Tabla 2.86: Características de los conductores según fase.

(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).

En este caso tendríamos unos valores de  $R=0.125 \Omega/\text{km}$  y de  $X= 0.070 \Omega/\text{km}$ , con lo cual tendríamos una constante de  $\text{cte}=0.099314$

### ANILLO 1 DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 3 (17 CARGAS)

#### TRAMO 1 (9 CARGAS)

Tramo	Potencia	Longitud	c.d.t.	c.d.t acumulada
CT3-1	132.125	0.002	0.04	0.04
1-2	115	0.02541	0.442	0.482
2-3	103.96	0.01376	0.216	0.0698
3-4	91.08	0.01376	0.189	0.887
4-5	78.2	0.01376	0.1629	1.0499
5-6	64.4	0.01376	0.134	1.01839
6-7	49.68	0.01376	0.103	1.286
7-8	34.96	0.01376	0.0728	1.359
8-9	18.4	0.01376	0.0383	1.398<5%

Tabla 2.87: Caídas de tensión en el tramo 1 del anillo.

#### TRAMO 2 (8 CARGAS)

Tramo	Potencia	Longitud	c.d.t.	c.d.t acumulada
CT3-CM	123.96	0.0347	0.651	0.651
CM-16	103.96	0.014	0.22	0.44
16-15	91.08	0.01394	0.192	0.632
15-14	78.2	0.01394	0.165	0.797
14-13	6.4	0.01394	0.135	0.932
13-12	49.68	0.01394	0.104	1.036
12-11	34.96	0.01394	0.0738	1.11
11-10	18.4	0.01394	0.0388	1.149<5%

Tabla 2.88: Caídas de tensión en el tramo 2 del anillo.

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 3**

**ANILLO 2**

**2.7. Potencias conectadas en el ANILLO 2 del CT 3 (16 CARGAS)**

▪ **CARGAS PERTENECIENTES AL ANILLO:**

Las cargas pertenecientes al anillo 2 del Centro de Transformación 3 son las siguientes:

$$CGP17 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP17 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP18 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP18 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP19 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP19 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP20 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP20 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP21 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP21 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP22 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP22 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP23 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP23 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP24 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP24 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP25 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP25 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP26 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP26 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP27 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP27 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP28 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP28 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP29 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP29 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP30 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP30 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

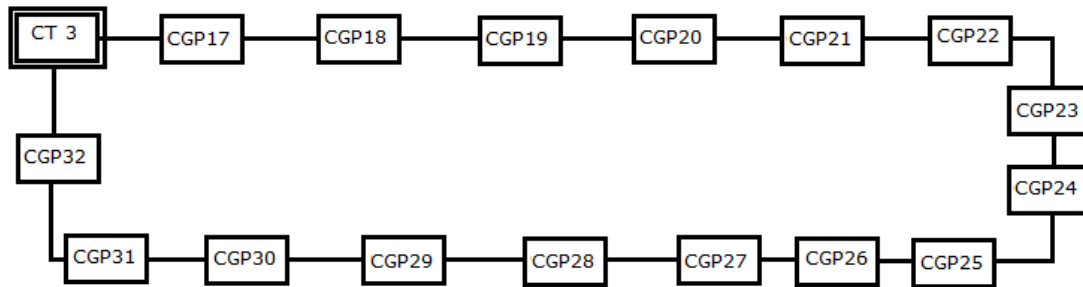
$$CGP31 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP31 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP32 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP32 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

▪ **CONFIGURACIÓN DEL ANILLO:**



**2.7.1. Determinación del punto de mínima tensión.**

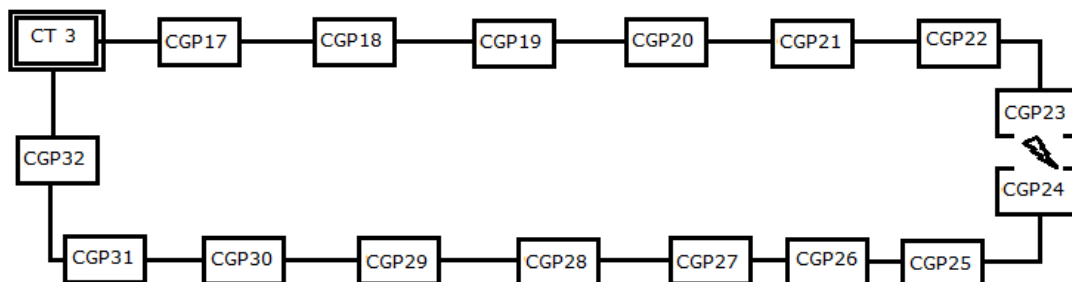
La longitud a la que se encuentra situado el punto de mínima tensión se determina mediante la expresión:

$$p.m.t = \frac{\sum P * L}{P_T}$$

P = Potencia en kw

L = Longitud desde el origen a cada punto en m.

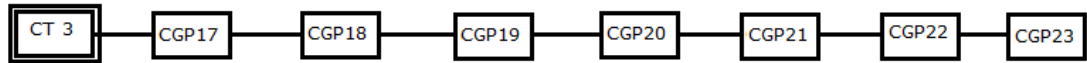
$$p.m.t = [(18.4 * 27.41) + (18.4 * 60.95) + (18.4 * 76.03) + (18.4 * 91.11) + (18.4 * 106.19) + (18.4 * 121.7) + (18.4 * 154.03) + (18.4 * 168.47) + (18.4 * 179.99) + (18.4 * 213.07) + (18.4 * 228.15) + (18.4 * 243.33) + (18.4 * 258.51) + (18.4 * 273.39) + (18.4 * 288.47) + (18.4 * 317.88)] / 297.4 = 159.675 m$$



El punto de mínima tensión se encuentra entre los puntos **CGP23** y **CGP24** a una distancia al origen de **159.675m**, por tanto abriremos la línea dividiéndola en dos tramos de acuerdo con los esquemas representados a continuación.

### 2.7.2. RAMA 1 del ANILLO 2 ∞ va desde CT3 hasta CGP23 (7 CARGAS)

#### ■ CONFIGURACIÓN DE LA RAMA 1:



#### 2.7.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección.

Se determina a partir del cálculo de la intensidad de corriente en el tramo más desfavorable, en nuestro caso con la potencia acumulada en el punto **CGP17** teniendo en cuenta los valores de los coeficientes de simultaneidad que establece el REBT en su ITC-BT-10 en los edificios destinados a viviendas.

##### CGP 23

$$p_m = \frac{2 * 9.2}{2} = 9.2$$

$$c.s = 2$$

$$P_{23} = (9.2 * 2) = 18.4 \text{ kW}$$

##### CGP 22

$$p_m = \frac{4 * 9.2}{4} = 9.2$$

$$c.s = 3.8$$

$$P_{22} = (9.2 * 3.8) = 34.96 \text{ kW}$$

##### CGP 21

$$p_m = \frac{6 * 9.2}{6} = 9.2$$

$$c.s = 5.4$$

$$P_{21} = (9.2 * 5.4) = 49.68 \text{ kW}$$

##### CGP 20

$$p_m = \frac{8 * 9.2}{8} = 9.2$$



$$c.s = 7$$

$$P_{20} = (9.2 * 7) = 64.4 \text{ kW}$$

#### **CGP 19**

$$pm = \frac{10 * 9.2}{10} = 9.2$$

$$c.s = 8.5$$

$$P_{19} = (9.2 * 8.5) = 78.2 \text{ kW}$$

#### **CGP 18**

$$pm = \frac{12 * 9.2}{12} = 9.2$$

$$c.s = 9.9$$

$$P_{18} = (9.2 * 9.9) = 91.08 \text{ kW}$$

#### **CGP 17**

$$pm = \frac{14 * 9.2}{14} = 9.2$$

$$c.s = 11.3$$

$$P_{17} = (9.2 * 11.3) = 103.96 \text{ kW}$$

La potencia total que circula por la rama

$$P = 103.96 \text{ kW}$$

Cálculo de la intensidad que circulará por cada rama del anillo mediante la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

Donde:

$$U = 0,4 \text{ kV}$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

$$I = \frac{103960}{\sqrt{3} * 400 * 0.9} = 166.725 \text{ A}$$

De las siguientes tablas obtenemos:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	<b>0.206</b>	<b>0.075</b>
240	0.125	0.070

**Tabla 2.89: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

Cable	Intensidad nominal del fusible					
	100	125	160	200	250	315
XZ1(S) 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	<b>215</b>	135	
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
	Longitud en metros					

**Tabla 2.90: Protección contra cortocircuito. Intensidad nominal del fusible.**  
**(VER TABLA: página 8. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

El fusible seleccionado según los parámetros a proteger es:

- El cable XZ1(S) 0.6 / 1 KV
- La intensidad nominal del fusible seleccionado es 200 (A) > 166.725 (A)
- Longitud que alcanza el fusible seleccionado protegida por cortocircuito es 215 m > 154.03 m.

**El fusible seleccionado corresponde a  $I_n = 200$  A con alcance 215 metros.**

### 2.7.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento.

Para comprobar que la intensidad que pasará por el conductor no sobrepase su valor límite compararemos ésta con la que nos proporciona el tipo de conductor elegido y le aplicaré un factor de corrección para el caso que sea necesario.

En nuestro caso al tener una instalación tipo el único factor de corrección utilizado será por agrupación de cables.

Utilizaremos las siguientes tablas según NORMA UNE 211435 para determinar el factor de corrección y la sección del conductor en función de la intensidad máxima admisible.

En este caso, y debido a la inexistencia de algún motor, no existe sobredimensionamiento con lo cual, la corriente que circula por la rama corresponde a la corriente máxima.

$$I_{\text{máx}} = 1.25 \cdot I$$

$$I_{\text{máx}} = I$$

$$I_{\text{máx}} = 166.725 \text{ A}$$

La corriente máxima prima se debe a la corriente que circula una vez tenido en cuenta los factores de corrección correspondientes. Para Instalaciones Eléctricas en Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión.

(° C)	Temperatura del terreno en cables soterrados °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90*	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
105*	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.83

**Tabla 2.91: A.6. (UNE 211435). Factores de corrección para las distintas temperaturas.**

**(VER TABLA: Tabla 7. (ITC LAT-06 ) Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C)**

(k.m/W)	Resistividad del terreno						
sección	0.8 k.m/W	0.9 k.m/W	1 k.m/W	1.5 k.m/W	2 k.m/W	2.5 k.m/W	3 k.m/W
25	1.25	1.20	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
35	1.25	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
50	1.26	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.74
70	1.27	1.22	1.17	1.00	0.89	0.81	0.74
95	1.28	1.22	1.18	1.00	0.89	0.80	0.74
120	1.28	1.22	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
150	1.28	1.23	1.18	<u>1.00</u>	0.88	0.80	0.74
185	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
240	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
300	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
400	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.79	0.73

**Tabla 2.92: A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.**

**(VER TABLA: Tabla 8. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W)**

Cables de 0.6/1 kV	
Profundidad (m)	Soterrados
0.50	1.04
0.60	1.02
0.70	<b>1.00</b>
0.80	0.99
1.00	0.97
1.25	0.95
1.50	0.93
1.75	0.92
2.00	0.91
2.05	0.89
3.00	0.88

**Tabla 2.93: A.8. (UNE 211435) Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 11. (ITC LAT-06). Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 m)**

Circuitos en directamente soterrados					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	contacto	200	400	600	800
2	<b>0.82</b>	0.88	0.92	0.94	0.96
3	0.71	0.79	0.84	0.88	0.91
4	0.64	0.74	0.81	0.85	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.83	0.86
6	0.56	0.67	0.76	0.82	0.85
7	0.53	0.65	0.74	0.80	-
8	0.51	0.63	0.73	0.80	-
9	0.49	0.62	0.72	0.79	-
10	0.48	0.61	0.71	-	-

**Tabla 2.94: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.82.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{I}{f_c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 2 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{166.725}{0.82} = 173.63 \text{ A}$$

Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo del anillo a estudiar, en este caso el tramo 1 del anillo 2 del Centro de Transformación 3, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.

Intensidad máxima admisible en Aislamiento de XLPE. Conductor Cu o Al.			
Sección	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido al sol
<b>Aluminio</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	<b>200</b>	175	200
150	<b>260</b>	230	290
240	340	305	390
<b>Cobre</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

**Tabla 2.95: cables de distribución tipo RVo Al XZ1(S) de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 12.(ITC LAT-06) Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. )**

Temperatura del terreno en ° C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Profundidad de soterramiento en m 0.70.

Escogemos una intensidad admisible de 260 A a la cual le corresponde una sección de 150 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 200 = 192 \text{ A}$$



El fusible seleccionado es de 200 (A) y no nos es válido, ya que no está entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$192(\text{A}) > 166.725 (\text{A})$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

$$f.d.c. = \frac{166.725}{192} = 0.86 > 0.85$$

El factor de carga no es el correcto puesto que supera los límites establecidos, entonces pues tenemos que aumentar la sección del conductor y recalcular:

Escogemos una intensidad admisible de 260 A a la cual le corresponde una sección de 150 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 260 = 249.6 \text{ A}$$

El fusible seleccionado es de 200 (A) y es válido al estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$249.6 (\text{A}) > 173.63 (\text{A})$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

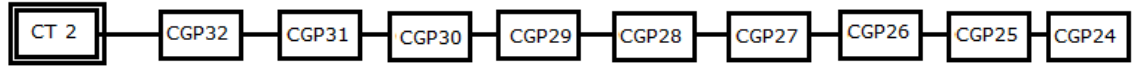
$$f.d.c. = \frac{173.63}{249.6} = 0.69 < 0.85$$

El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto, y es el siguiente:

**(3x150 mm<sup>2</sup>) + (1x95 mm<sup>2</sup>) de Al RV 0.6/1 kV**

### 2.7.3. RAMA 2 del ANILLO 2 ∞ va desde CT 3 hasta CGP10 (9 CARGAS)

#### ■ CONFIGURACIÓN DE LA RAMA 2:



#### 2.7.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección.

Se determina a partir del cálculo de la intensidad de corriente en el tramo más desfavorable, en nuestro caso con la potencia acumulada en el punto del **CGP32** teniendo en cuenta los valores de los coeficientes de simultaneidad que establece el REBT en su ITC-BT-10 en los edificios destinados a viviendas.

##### CGP 24

$$p_m = \frac{2 * 9.2}{2} = 9.2$$

$$c.s = 2$$

$$P_{24} = (9.2 * 2) = 18.4 \text{ kW}$$

##### CGP 2

$$p_m = \frac{4 * 9.2}{4} = 9.2$$

$$c.s = 3.8$$

$$P_{25} = (9.2 * 3.8) = 34.96 \text{ kW}$$

##### CGP 26

$$p_m = \frac{6 * 9.2}{6} = 9.2$$

$$c.s = 5.4$$

$$P_{26} = (9.2 * 5.4) = 49.68 \text{ kW}$$

##### CGP 27

$$p_m = \frac{8 * 9.2}{8} = 9.2$$

$$c.s = 7$$

$$P_{27} = (9.2 * 7) = 64.4 \text{ kW}$$

#### **CGP 28**

$$pm = \frac{10 * 9.2}{10} = 9.2$$

$$c.s = 8.5$$

$$P_{28} = (9.2 * 8.5) = 78.2 \text{ kW}$$

#### **CGP 29**

$$pm = \frac{12 * 9.2}{12} = 9.2$$

$$c.s = 9.9$$

$$P_{29} = (9.2 * 9.9) = 91.08 \text{ kW}$$

#### **CGP 30**

$$pm = \frac{14 * 9.2}{14} = 9.2$$

$$c.s = 11.3$$

$$P_{30} = (9.2 * 11.3) = 103.96 \text{ kW}$$

#### **CGP31**

$$pm = \frac{16 * 9.2}{16} = 9.2$$

$$c.s = 12.5$$

$$P_{31} = (9.2 * 12.5) = 115 \text{ kW}$$

#### **CGP32**

$$pm = \frac{16 * 9.2}{16} = 9.2$$

$$c.s = 13.7$$

$$P_{32} = (9.2 * 13.7) = 126.04 \text{ kW}$$

La potencia total que circula por la rama

$$P = 126.04 \text{ kW}$$

Cálculo de la intensidad que circulará por cada rama del anillo mediante la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

Donde:

$$U = 0,4 \text{ kV}$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

$$I = \frac{177275}{\sqrt{3} * 400 * 0.9} = 202.136 \text{ A}$$

De las siguientes tablas obtenemos:

Sección de fase (mm2)	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	0.206	0.075
240	<b>0.125</b>	<b>0.070</b>

**Tabla 2.96: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

Cable	Intensidad nominal del fusible					
	100	125	160	200	250	315
XZ1(S) 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	135	
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	<b>260</b>	195
	Longitud en metros					

**Tabla 2.597 Protección contra cortocircuito. Intensidad nominal del fusible.**  
**(VER TABLA: página 8. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

El fusible seleccionado según los parámetros a proteger es:

- El cable XZ1(S) 0.6 / 1 KV 3
- La intensidad nominal del fusible seleccionado es 250 (A) > 202.136 (A)
- Longitud que alcanza el fusible seleccionado protegida por cortocircuito es 260 m > 210.87 m.

**El fusible seleccionado corresponde a  $I_n = 250$  A con alcance 260 metros.**

### 2.7.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento.

Para comprobar que la intensidad que pasará por el conductor no sobrepase su valor límite compararemos ésta con la que nos proporciona el tipo de conductor elegido y le aplicaré un factor de corrección para el caso que sea necesario.

En nuestro caso al tener una instalación tipo el único factor de corrección utilizado será por agrupación de cables.

Utilizaremos las siguientes tablas según NORMA UNE 211435 para determinar el factor de corrección y la sección del conductor en función de la intensidad máxima admisible.

En este caso, y debido a la inexistencia de algún motor, no existe sobredimensionamiento con lo cual, la corriente que circula por la rama corresponde a la corriente máxima.

$$I_{\text{máx}} = 1.25 \cdot I$$

$$I_{\text{máx}} = I$$

$$I_{\text{máx}} = 202.136 \text{ A}$$

La corriente máxima prima se debe a la corriente que circula una vez tenido en cuenta los factores de corrección correspondientes. Para Instalaciones Eléctricas en Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión.

(° C)	Temperatura del terreno en cables soterrados °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90*	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
105*	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.83

**Tabla 2.98: A.6. (UNE 211435). Factores de corrección para las distintas temperaturas.**

**(VER TABLA: Tabla 7. (ITC LAT-06) Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C)**

(k.m/W)	Resistividad del terreno						
sección	0.8 k.m/W	0.9 k.m/W	1 k.m/W	1.5 k.m/W	2 k.m/W	2.5 k.m/W	3 k.m/W
25	1.25	1.20	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
35	1.25	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
50	1.26	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.74
70	1.27	1.22	1.17	1.00	0.89	0.81	0.74
95	1.28	1.22	1.18	1.00	0.89	0.80	0.74
120	1.28	1.22	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
150	1.28	1.23	1.18	<u>1.00</u>	0.88	0.80	0.74
185	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
240	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
300	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
400	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.79	0.73

**Tabla 2.99: A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.**

**(VER TABLA: Tabla 8. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W)**



Cables de 0.6/1 kV	
Profundidad (m)	Soterrados
0.50	1.04
0.60	1.02
0.70	<b>1.00</b>
0.80	0.99
1.00	0.97
1.25	0.95
1.50	0.93
1.75	0.92
2.00	0.91
2.05	0.89
3.00	0.88

**Tabla 2.100: A.8. (UNE 211435) Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (cables soterrados).**  
**(VER TABLA: Tabla 11. (ITC LAT-06). Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 m)**

Circuitos en directamente soterrados					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	contacto	200	400	600	800
2	<b>0.82</b>	0.88	0.92	0.94	0.96
3	0.71	0.79	0.84	0.88	0.91
4	0.64	0.74	0.81	0.85	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.83	0.86
6	0.56	0.67	0.76	0.82	0.85
7	0.53	0.65	0.74	0.80	-
8	0.51	0.63	0.73	0.80	-
9	0.49	0.62	0.72	0.79	-
10	0.48	0.61	0.71	-	-

**Tabla 2.101: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.82.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{I}{f_c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 2 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{202.136}{0.82} = 210.559 \text{ A}$$

Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo del anillo a estudiar, en este caso el tramo 2 del anillo 2 del Centro de Transformación 3, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.

Intensidad máxima admisible en Aislamiento de XLPE. Conductor Cu o Al.			
Sección	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido al sol
<b>Aluminio</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	<b>260</b>	230	290
240	340	305	390
<b>Cobre</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

**Tabla 2.102: cables de distribución tipo RVo Al XZ1(S) de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 12.(ITC LAT-06) Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. )**

Temperatura del terreno en ° C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Profundidad de soterramiento en m 0.70.

Escogemos una intensidad admisible de 260 A a la cual le corresponde una sección de 150 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 260 = 249.6 \text{ A}$$

Nuestro Fusible seleccionado es de 250 (A) y no es válido al no estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$249.6 \text{ (A)} > 202.136 \text{ (A)}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos, aunque demasiado ajustado el resultado.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

$$f.d.c. = \frac{202.136}{249.6} = 0.84 > 0.85$$

Se encuentra dentro del límite establecido pero demasiado justo, entonces pues tenemos que aumentar la sección del conductor y recalcular:

Escogemos una intensidad admisible de 340 A a la cual le corresponde una sección de 240 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 340 = 326.4 \text{ A}$$

El fusible seleccionado es de 250 (A) y es válido al estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$326.4 \text{ (A)} > 202.136 \text{ (A)}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

$$f.d.c. = \frac{202.136}{326.4} = 0.647 < 0.85$$

El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto, y es el siguiente:

**(3x240 mm<sup>2</sup>) + (1x150 mm<sup>2</sup>) de Al RV 0.6/1 kV**

#### 2.7.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2.

Según normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo se recomienda que sea igual por las dos ramas, por tanto el diseño final de la red de distribución será:

El cálculo de la caída de tensión se realiza en función del momento eléctrico ( $W \cdot L$ ), donde la caída de tensión  $\% \Delta U$  viene dada en  $\%$  de la tensión compuesta  $U$  en voltios.

Lo obtenemos con la siguiente fórmula:

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot \tan \varphi)$$

$$cte = \frac{R + X \cdot \tan \varphi}{10 \cdot U^2}$$

Donde:

$\Delta U$  = porcentaje de la caída de tensión.

$W$  = potencia en kW.

$L$  = longitud del tramo en km.

$U$  = tensión en kV, será 0.4 kV.

$\cos \varphi = 0.9$ .

$R$  = resistencia eléctrica del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

$X$  = reactancia inductiva del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

En la siguiente tabla podemos encontrar los datos de la resistencia y la impedancia:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° ( $\Omega/\text{m}$ )	X ( $\Omega/\text{m}$ )
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	0.206	0.075
240	<b>0.125</b>	<b>0.070</b>

**Tabla 2.203: Características de los conductores según fase.**

(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).

En este caso tendríamos unos valores de  $R=0.125 \Omega/\text{km}$  y de  $X= 0.070 \Omega/\text{km}$ , con lo cual tendríamos una constante de  $\text{cte}=0.299314$

## ANILLO 2 DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 3 (16 CARGAS)

### TRAMO 1 (7 CARGAS)

Tramo	Potencia	Longitud	c.d.t.	c.d.t acumulada
CT-17	103.96	0.04587	0.4735	0.4735
17-18	91.08	0.01508	0.136	0.609
18-19	78.2	0.01508	0.117	0.726
19-20	64.4	0.01508	0.0964	0.822
20-21	49.68	0.01508	0.074	0.896
21-22	34.96	0.01508	0.0523	0.949
22-23	18.4	0.01508	0.0275	0.976<5%

Tabla 2.104: Caídas de tensión en el tramo 1 del anillo.

### TRAMO 2 (9 CARGAS)

Tramo	Potencia	Longitud	c.d.t.	c.d.t acumulada
CT-32	126.04	0.06146	0.769	0.796
32-21	115	0.02941	0.335	1.104
31-30	103.96	0.01508	0.155	1.259
30-29	91.8	0.01508	0.135	1.395
29-28	78.2	0.01508	0.117	1.512
28-27	64.4	0.01508	0.096	1.608
27-26	49.68	0.01508	0.074	1.682
26-25	34.96	0.01508	0.052	1.734
25-24	18.4	0.02952	0.0539	1.787<5%

Tabla 2.105: Caídas de tensión en el tramo 2 del anillo.

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 4**

**ANILLO 1**

**2.8. Potencias conectadas en el ANILLO 1 del CT 4 (19 CARGAS)**

**Nota: Anillo interior en el plano.**

▪ **CARGAS PERTENECIENTES AL ANILLO:**

Las cargas pertenecientes al anillo 1 del Centro de Transformación 4 son las siguientes:

$$\text{CGP2} = 2 * \text{EE} = 18.4\text{kW}$$

$$\text{CGP2} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP3} = 2 * \text{EE} = 18.4\text{kW}$$

$$\text{CGP3} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP4} = 2 * \text{EE} = 18.4\text{kW}$$

$$\text{CGP4} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP5} = 2 * \text{EE} = 18.4\text{kW}$$

$$\text{CGP5} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP6} = 2 * \text{EE} = 18.4\text{kW}$$

$$\text{CGP6} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP7} = 2 * \text{EE} = 18.4\text{kW}$$

$$\text{CGP7} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP8} = 2 * \text{EE} = 18.4\text{kW}$$

$$\text{CGP8} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP9} = 2 * \text{EE} = 18.4\text{kW}$$



$$CGP9 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP19 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP19 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP20 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP20 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP21 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP21 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP22 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP22 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP23 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP23 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP24 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP24 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP32 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP32 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP33 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP33 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP34 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP34 = 2 * EE = 18.4kW$$

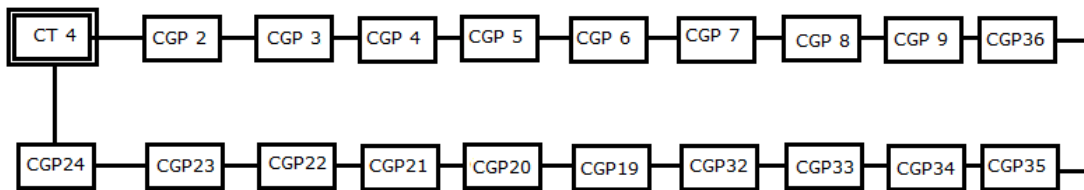
$$CGP35 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP35 = 2 * EE = 18.4kW$$

$$CGP36 = 2 * 9.2 = 18.4 kW$$

$$CGP36 = 2 * EE = 18.4kW$$

▪ **CONFIGURACIÓN DEL ANILLO:**



**2.8.1. Determinación del punto de mínima tensión.**

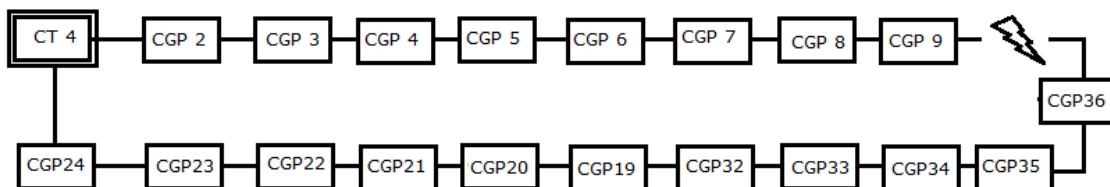
La longitud a la que se encuentra situado el punto de mínima tensión se determina mediante la expresión:

$$p.m.t = \frac{\sum P * L}{P_T}$$

P = Potencia en kw

L = Longitud desde el origen a cada punto en m.

$$\begin{aligned} p.m.t &= [(18.4 * 68.67) + (18.4 * 82.43) + (18.4 * 96.19) + (18.4 * 109.95) + (18.4 * 145.77) \\ &\quad + (18.4 * 159.37) + (18.4 * 173.95) + (18.4 * 188.04) + (18.4 * 226.4) + (18.4 * 241.53) \\ &\quad + (18.4 * 256.66) + (18.4 * 271.79) + (18.4 * 286.92) + (18.4 * 307.97) + (18.4 * 340.12) \\ &\quad + (18.4 * 355.82) + (18.4 * 371.52) + (18.4 * 387.22) + (18.4 * 402.92)] / 349.6 \\ &= 189.06 \text{ m} \end{aligned}$$



El punto de mínima tensión se encuentra entre los puntos **CGP9** y **CGP36** a una distancia al origen de **189.06 m**, por tanto abriremos la línea dividiéndola en dos tramos de acuerdo con los esquemas representados a continuación.

### 2.8.2. RAMA 1 del ANILLO 1 ∞ va desde CT3 hasta CGP9 (8 CARGAS)

#### ■ CONFIGURACIÓN DE LA RAMA 1:



#### 2.8.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección.

Se determina a partir del cálculo de la intensidad de corriente en el tramo más desfavorable, en nuestro caso con la potencia acumulada en el punto **CGP2** teniendo en cuenta los valores de los coeficientes de simultaneidad que establece el REBT en su ITC-BT-10 en los edificios destinados a viviendas.

##### **CGP 9**

$$p_m = \frac{2 * 9.2}{2} = 9.2$$

$$c.s = 2$$

$$P_9 = (9.2 * 2) = 18.4 \text{ kW}$$

##### **CGP 8**

$$p_m = \frac{4 * 9.2}{4} = 9.2$$

$$c.s = 3.8$$

$$P_8 = (9.2 * 3.8) = 34.96 \text{ kW}$$

##### **CGP 7**

$$p_m = \frac{6 * 9.2}{6} = 9.2$$

$$c.s = 5.4$$

$$P_7 = (9.2 * 5.4) = 49.68 \text{ kW}$$

##### **CGP 6**

$$p_m = \frac{8 * 9.2}{8} = 9.2$$

$$c.s = 7$$

$$P_6 = (9.2 * 7) = 64.4 \text{ kW}$$

#### **CGP 5**

$$pm = \frac{10 * 9.2}{10} = 9.2$$

$$c.s = 8.5$$

$$P_5 = (9.2 * 8.5) = 78.2 \text{ kW}$$

#### **CGP 4**

$$pm = \frac{12 * 9.2}{12} = 9.2$$

$$c.s = 9.9$$

$$P_4 = (9.2 * 9.9) = 91.08 \text{ kW}$$

#### **CGP 3**

$$pm = \frac{14 * 9.2}{14} = 9.2$$

$$c.s = 11.3$$

$$P_3 = (9.2 * 11.3) = 103.96 \text{ kW}$$

#### **CGP 2**

$$pm = \frac{16 * 9.2}{16} = 9.2$$

$$c.s = 12.5$$

$$P_2 = (9.2 * 12.5) = 115 \text{ kW}$$

La potencia total que circula por la rama

$$P = 115 \text{ kW}$$

Cálculo de la intensidad que circulará por cada rama del anillo mediante la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

Donde:

$$U = 0,4 \text{ kV}$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

$$I = \frac{115000}{\sqrt{3} * 400 * 0.9} = 184.43 \text{ A}$$

De las siguientes tablas obtenemos:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	<b>0.206</b>	<b>0.075</b>
240	0.125	0.070

**Tabla 2.206: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

Cable	Intensidad nominal del fusible					
	100	125	160	200	250	315
XZ1(S) 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	<b>215</b>	135	
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
	Longitud en metros					

**Tabla 2.206: Protección contra cortocircuito. Intensidad nominal del fusible.**  
**(VER TABLA: página 8. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

El fusible seleccionado según los parámetros a proteger es:

- El cable XZ1(S) 0.6 / 1 KV
- La intensidad nominal del fusible seleccionado es 200 (A) > 184.43(A)
- Longitud que alcanza el fusible seleccionado protegida por cortocircuito es 215 m > 173.95 m.

**El fusible seleccionado corresponde a  $I_n = 200$  A con alcance 215 metros.**

### 2.8.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento.

Para comprobar que la intensidad que pasará por el conductor no sobrepase su valor límite compararemos ésta con la que nos proporciona el tipo de conductor elegido y le aplicaré un factor de corrección para el caso que sea necesario.

En nuestro caso al tener una instalación tipo el único factor de corrección utilizado será por agrupación de cables.

Utilizaremos las siguientes tablas según NORMA UNE 211435 para determinar el factor de corrección y la sección del conductor en función de la intensidad máxima admisible.

En este caso, y debido a la inexistencia de algún motor, no existe sobredimensionamiento con lo cual, la corriente que circula por la rama corresponde a la corriente máxima.

$$I_{\text{máx}} = 1.25 \cdot I$$

$$I_{\text{máx}} = I$$

$$I_{\text{máx}} = 184.43 \text{ A}$$

La corriente máxima prima se debe a la corriente que circula una vez tenido en cuenta los factores de corrección correspondientes. Para Instalaciones Eléctricas en Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión.

(° C)	Temperatura del terreno en cables soterrados °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90*	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
105*	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.83

**Tabla 2.208: A.6. (UNE 211435). Factores de corrección para las distintas temperaturas.**

**(VER TABLA: Tabla 7. (ITC LAT-06 ) Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C )**

(k.m/W)	Resistividad del terreno						
sección	0.8 k.m/W	0.9 k.m/W	1 k.m/W	1.5 k.m/W	2 k.m/W	2.5 k.m/W	3 k.m/W
25	1.25	1.20	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
35	1.25	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
50	1.26	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.74
70	1.27	1.22	1.17	1.00	0.89	0.81	0.74
95	1.28	1.22	1.18	1.00	0.89	0.80	0.74
120	1.28	1.22	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
150	1.28	1.23	1.18	<u>1.00</u>	0.88	0.80	0.74
185	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
240	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
300	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
400	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.79	0.73

**Tabla 2.209: A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.**

**(VER TABLA: Tabla 8. (ITC LAT-06). Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W)**



Cables de 0.6/1 kV	
Profundidad (m)	Soterrados
0.50	1.04
0.60	1.02
0.70	<b>1.00</b>
0.80	0.99
1.00	0.97
1.25	0.95
1.50	0.93
1.75	0.92
2.00	0.91
2.05	0.89
3.00	0.88

**Tabla 2.210: A.8. (UNE 211435) Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (cables soterrados).**  
**(VER TABLA: Tabla 11. (ITC LAT-06). Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 m)**

Circuitos en directamente soterrados					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	contacto	200	400	600	800
2	<b>0.82</b>	0.88	0.92	0.94	0.96
3	0.71	0.79	0.84	0.88	0.91
4	0.64	0.74	0.81	0.85	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.83	0.86
6	0.56	0.67	0.76	0.82	0.85
7	0.53	0.65	0.74	0.80	-
8	0.51	0.63	0.73	0.80	-
9	0.49	0.62	0.72	0.79	-
10	0.48	0.61	0.71	-	-

**Tabla 2.211: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.82.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{I}{f_c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 2 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{1184.43}{0.82} = 129.79 \text{ A}$$

Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo del anillo a estudiar, en este caso el tramo 1 del anillo del Centro de Transformación 4, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.

Intensidad máxima admisible en Aislamiento de XLPE. Conductor Cu o Al.			
Sección	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido al sol
<b>Aluminio</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	<b>260</b>	230	290
240	340	305	390
<b>Cobre</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

**Tabla 2.210: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

Temperatura del terreno en °C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Profundidad de soterramiento en m 0.70.

Escogemos una intensidad admisible de 260 A a la cual le corresponde una sección de 150 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 260 = 249.6 \text{ A}$$

El fusible seleccionado es de 200 (A) y es válido al estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$249.6 \text{ (A)} > 184.43 \text{ (A)}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

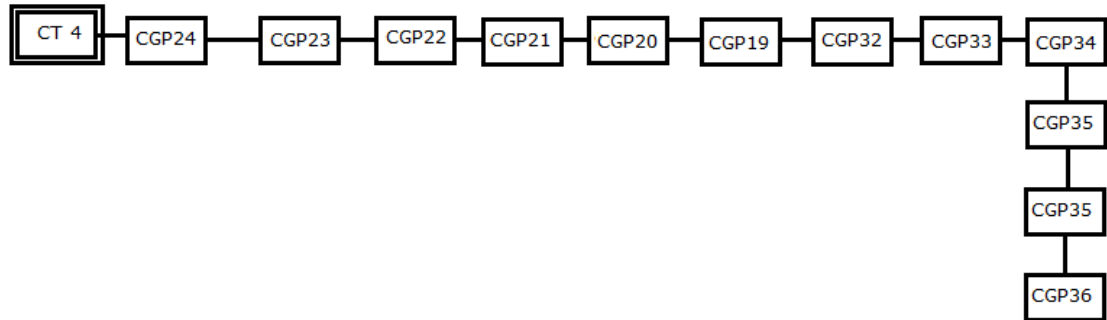
$$f.d.c. = \frac{184.43}{249.6} = 0.46 < 0.85$$

El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto, y es el siguiente:

**(3x150 mm<sup>2</sup>) + (1x95 mm<sup>2</sup>) de Al RV 0.6/1 kV**

### 2.8.3. RAMA 2 del ANILLO 1 ∞ va desde CT 4 hasta CGP 35 (11 CARGAS)

#### ■ CONFIGURACIÓN DE LA RAMA 2:



#### 2.8.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección.

Se determina a partir del cálculo de la intensidad de corriente en el tramo más desfavorable, en nuestro caso con la potencia acumulada en el punto del **CGP24** teniendo en cuenta los valores de los coeficientes de simultaneidad que establece el REBT en su ITC-BT-10 en los edificios destinados a viviendas.

##### CGP36

$$p_m = \frac{2 * 9.2}{2} = 9.2$$

$$c.s = 2$$

$$P_{36} = (9.2 * 2) = 18.4 \text{ kW}$$

##### CGP35

$$p_m = \frac{4 * 9.2}{4} = 9.2$$

$$c.s = 3.8$$

$$P_{35} = (9.2 * 3.8) = 34.96 \text{ kW}$$

##### CGP34

$$p_m = \frac{6 * 9.2}{6} = 9.2$$

$$c.s = 5.4$$

$$P_{34} = (9.2 * 5.4) = 49.68 \text{ kW}$$

### **CGP33**

$$pm = \frac{8 * 9.2}{8} = 9.2$$

$$c.s = 7$$

$$P_{33} = (9.2 * 7) = 64.4 \text{ kW}$$

### **CGP32**

$$pm = \frac{10 * 9.2}{10} = 9.2$$

$$c.s = 8.5$$

$$P_{320} = (9.2 * 8.5) = 78.2 \text{ kW}$$

### **CGP 19**

$$pm = \frac{12 * 9.2}{12} = 9.2$$

$$c.s = 9.9$$

$$P_{19} = (9.2 * 9.9) = 91.08 \text{ kW}$$

### **CGP20**

$$pm = \frac{14 * 9.2}{14} = 9.2$$

$$c.s = 11.3$$

$$P_{20} = (9.2 * 11.3) = 103.96 \text{ kW}$$

### **CGP 21**

$$pm = \frac{16 * 9.2}{16} = 9.2$$

$$c.s = 12.5$$

$$P_{21} = (9.2 * 12.5) = 115 \text{ kW}$$

### **CGP22**

$$p_m = \frac{18 * 9.2}{18} = 9.2$$

$$c.s = 13.7$$

$$P_{22} = (9.2 * 13.7) = 126.04 \text{ kW}$$

### **CGP23**

$$p_m = \frac{20 * 9.2}{20} = 9.2$$

$$c.s = 14.8$$

$$P_{23} = (9.2 * 14.8) = 136.16 \text{ kW}$$

### **CG24**

$$p_m = \frac{22 * 9.2}{22} = 9.2$$

$$c.s = 15.3 + (22 - 21) * 0.5 = 15.8$$

$$P_{24} = (9.2 * 15.8) = 145.36 \text{ kW}$$

La potencia total que circula por la rama

$$P = 145.36 \text{ kW}$$

Cálculo de la intensidad que circulará por cada rama del anillo mediante la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

Donde:

$$U = 0,4 \text{ kV}$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

$$I = \frac{145360}{\sqrt{3} * 400 * 0.9} = 233.121 \text{ A}$$

De las siguientes tablas obtenemos:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	0.206	0.075
240	<b>0.125</b>	<b>0.070</b>

**Tabla 2.213: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**



Cable	Intensidad nominal del fusible					
	100	125	160	200	250	315
XZ1(S) 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	135	
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	<b>260</b>	195
	Longitud en metros					

**Tabla 2.241: Protección contra cortocircuito. Intensidad nominal del fusible.**  
**(VER TABLA: página 8. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

El fusible seleccionado según los parámetros a proteger es:

- El cable XZ1(S) 0.6 / 1 KV 3
- La intensidad nominal del fusible seleccionado es 250 (A) > 145.36 (A)
- Longitud que alcanza el fusible seleccionado protegida por cortocircuito es 260 m > 239.82 m.

**El fusible seleccionado corresponde a  $I_n = 250$  A con alcance 260 metros.**

### 2.8.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento.

Para comprobar que la intensidad que pasará por el conductor no sobrepase su valor límite compararemos ésta con la que nos proporciona el tipo de conductor elegido y le aplicaré un factor de corrección para el caso que sea necesario.

En nuestro caso al tener una instalación tipo el único factor de corrección utilizado será por agrupación de cables.

Utilizaremos las siguientes tablas según NORMA UNE 211435 para determinar el factor de corrección y la sección del conductor en función de la intensidad máxima admisible.

En este caso, y debido a la inexistencia de algún motor, no existe sobredimensionamiento con lo cual, la corriente que circula por la rama corresponde a la corriente máxima.

$$I_{\text{máx}} = 1.25 \cdot I$$

$$I_{\text{máx}} = I$$

$$I_{\text{máx}} = 145.36 \text{ A}$$

La corriente máxima prima se debe a la corriente que circula una vez tenido en cuenta los factores de corrección correspondientes. Para Instalaciones Eléctricas en Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión.

(° C)	Temperatura del terreno en cables soterrados °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90*	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
105*	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.83

**Tabla 2.215: A.6. (UNE 211435). Factores de corrección para las distintas temperaturas.**

**(VER TABLA: Tabla 7. (ITC LAT-06 ) Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C )**

(k.m/W)	Resistividad del terreno						
sección	0.8 k.m/W	0.9 k.m/W	1 k.m/W	1.5 k.m/W	2 k.m/W	2.5 k.m/W	3 k.m/W
25	1.25	1.20	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
35	1.25	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
50	1.26	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.74
70	1.27	1.22	1.17	1.00	0.89	0.81	0.74
95	1.28	1.22	1.18	1.00	0.89	0.80	0.74
120	1.28	1.22	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
150	1.28	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
185	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
240	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
300	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
400	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.79	0.73

**Tabla 2.216: A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.**

**(VER TABLA: Tabla 8. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W)**

Cables de 0.6/1 kV	
Profundidad (m)	Soterrados
0.50	1.04
0.60	1.02
0.70	<b>1.00</b>
0.80	0.99
1.00	0.97
1.25	0.95
1.50	0.93
1.75	0.92
2.00	0.91
2.05	0.89
3.00	0.88

**Tabla 2.217: A.8. (UNE 211435) Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (cables soterrados).**  
**(VER TABLA: Tabla 11. (ITC LAT-06). Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 m)**

Circuitos en directamente soterrados					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	contacto	200	400	600	800
2	<b>0.82</b>	0.88	0.92	0.94	0.96
3	0.71	0.79	0.84	0.88	0.91
4	0.64	0.74	0.81	0.85	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.83	0.86
6	0.56	0.67	0.76	0.82	0.85
7	0.53	0.65	0.74	0.80	-
8	0.51	0.63	0.73	0.80	-
9	0.49	0.62	0.72	0.79	-
10	0.48	0.61	0.71	-	-

**Tabla 2.218: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.82.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{I}{f_c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 2 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{145.36}{0.82} = 233.121 \text{ A}$$

Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo del anillo a estudiar, en este caso el tramo 2 del anillo 1 del Centro de Transformación 4, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.

Intensidad máxima admisible en Aislamiento de XLPE. Conductor Cu o Al.			
Sección	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido al sol
<b>Aluminio</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390
<b>Cobre</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

**Tabla 2.219: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

Temperatura del terreno en °C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Profundidad de soterramiento en m 0.70.

Escogemos una intensidad admisible de 260 A a la cual le corresponde una sección de 150 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 260 = 249.6 \text{ A}$$

Nuestro Fusible seleccionado es de 250 (A) y no es válido al estar no entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$249.6 \text{ (A)} > 145.36 \text{ (A)}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

$$f.d.c. = \frac{145.36}{249.6} = 0.58 < 0.85$$

Como el valor de la intensidad nominal del fusible no se encuentra dentro del límite establecido, entonces pues tenemos que aumentar la sección del conductor y recalculamos:

Escogemos una intensidad admisible de 340 A a la cual le corresponde una sección de 240 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 340 = 326.4 \text{ A}$$

El fusible seleccionado es de 250 (A) y es válido al estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$326.4 \text{ (A)} > 145.36 \text{ (A)}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

$$f.d.c. = \frac{145.36}{326.4} = 0.445 < 0.85$$

El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto, y es el siguiente:

**(3x240 mm<sup>2</sup>) + (1x150 mm<sup>2</sup>) de Al RV 0.6/1 kV**



#### 2.8.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2.

Según normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo se recomienda que sea igual por las dos ramas, por tanto el diseño final de la red de distribución será:

El cálculo de la caída de tensión se realiza en función del momento eléctrico ( $W \cdot L$ ), donde la caída de tensión  $\% \Delta U$  viene dada en  $\%$  de la tensión compuesta  $U$  en voltios.

Lo obtenemos con la siguiente fórmula:

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot \tan \varphi)$$

$$\text{cte} = \frac{R + X \cdot \tan \varphi}{10 \cdot U^2}$$

Donde:

$\Delta U$  = porcentaje de la caída de tensión.

$W$  = potencia en kW.

$L$  = longitud del tramo en km.

$U$  = tensión en kV, será 0.4 kV.

$\cos \varphi = 0.9$ .

$R$  = resistencia eléctrica del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

$X$  = reactancia inductiva del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

En la siguiente tabla podemos encontrar los datos de la resistencia y la impedancia:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° ( $\Omega/\text{m}$ )	X ( $\Omega/\text{m}$ )
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	0.206	0.075
240	<b>0.125</b>	<b>0.070</b>

**Tabla 2.220: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

En este caso tendríamos unos valores de  $R=0.125 \Omega/\text{km}$  y de  $X= 0.070 \Omega/\text{km}$ , con lo cual tendríamos una constante de  $\text{cte}=0.099314$ .

### ANILLO 2 DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 3 (1 CARGAS)

#### TRAMO 1 (8)

Tramo	Potencia	Longitud	c.d.t.	c.d.t acumulada
CT4-2	115	0.06867	1.913	1.913
2-3	103.96	0.01376	0.346	2.259
3-4	91.8	0.01376	0.303	2.5626
4-5	78.2	0.01376	0.2067	2.823
5-6	64.4	0.03582	0.5589	3.3819
6-7	49.68	0.01409	0.169	3.551
7-8	34.96	0.01409	0.1193	3.6703
8-9	18.4	0.01409	0.0628	3.7331<5%

Tabla 2.121: Caídas de tensión en el tramo 1 del anillo.

#### TRAMO 2 (11 CARGAS)

Tramo	Potencia	Longitud	c.d.t.	c.d.t acumulada
CT-24	145.36	0.0633	1.2296	1.2296
24-23	136.16	0.0157	0.5181	1.7477
23-22	132.121	0.0157	0.05026	2.2503
22-21	115	0.0157	0.4375	2.6878
21-20	103.96	0.0157	0.3955	3.083
20-19	91.8	0.03215	0.151	3.198
19-32	78.2	0.02105	0.3988	3.5968
32-33	64.4	0.01513	0.2361	3.8329
33-34	49.68	0.01513	0.182	4.0149
34-35	34.96	0.01513	0.1281	4.143
35-36	18.4	0.01513	0.067	4.21<5%

Tabla 2.122: Caídas de tensión en el tramo 2 del anillo.

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 4**

**ANILLO 2**

**2.9. Potencias conectadas en el ANILLO 2 del CT 4 (17 CARGAS)**

**Nota: Anillo exterior en el plano.**

▪ **CARGAS PERTENECIENTES AL ANILLO:**

Las cargas pertenecientes al anillo 2 del Centro de Transformación 4 son las siguientes:

$$CCGP1 = 1 * EE + JARJDÍN3L = 15.65 \text{ kW}$$

$$CGP1 = 1 * 9.2 + 6.45103 = 15.65 \text{ kW}$$

$$CGP10 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP10 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP11 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP11 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP12 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP12 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP13 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP13 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP14 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP14 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP15 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP15 = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$CGP16 = 2 * EE = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP16} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP17} = 2 * \text{EE} = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP17} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP18} = 2 * \text{EE} = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP18} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP25} = 2 * \text{EE} = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP25} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP26} = 2 * \text{EE} = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP26} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP27} = 2 * \text{EE} = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP27} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP28} = 2 * \text{EE} = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP28} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP29} = 2 * \text{EE} = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP29} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

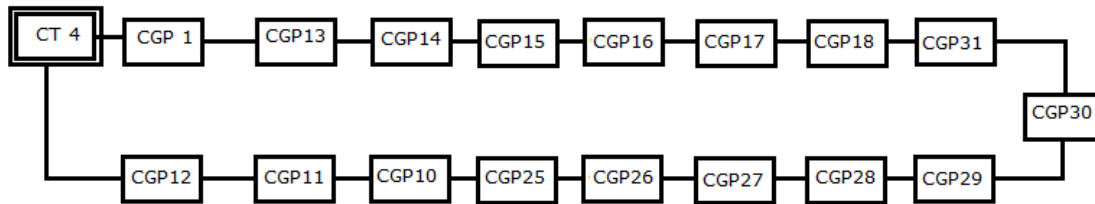
$$\text{CGP30} = 2 * \text{EE} = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP30} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP31} = 2 * \text{EE} = 18.4 \text{ kW}$$

$$\text{CGP31} = 2 * 9.2 = 18.4 \text{ kW}$$

▪ **CONFIGURACIÓN DEL ANILLO:**



**2.9.1. Determinación del punto de mínima tensión.**

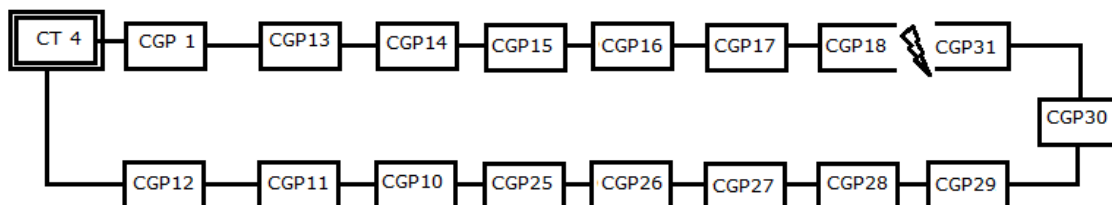
La longitud a la que se encuentra situado el punto de mínima tensión se determina mediante la expresión:

$$p.m.t = \frac{\sum P * L}{P_T}$$

P = Potencia en kw

L = Longitud desde el origen a cada punto en m.

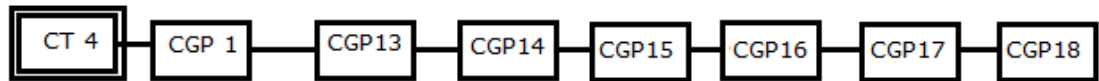
$$\begin{aligned} p.m.t = & [(9.2 + 6.45103 * 26.14) + (18.4 * 94.81) + (18.4 * 136.09) + (96.14 * 151.79) + (18.4 * 167.49) \\ & + (18.4 * 183.19) + (18.4 * 198.89) + (18.4 * 272.43) + (18.4 * 287.97) + (18.4 * 303.51) \\ & + (18.4 * 319.05) + (18.4 * 334.59) + (18.4 * 362.18) + (18.4 * 375.85) + (18.4 * 409.15) \\ & + (18.4 * 420.46) + (18.4 * 431.77)] / 310.05 = 265.37 \text{ m} \end{aligned}$$



El punto de mínima tensión se encuentra entre los puntos **CGP18** y **CGP31** a una distancia al origen de **265.37 m**, por tanto abriremos la línea dividiéndola en dos tramos de acuerdo con los esquemas representados a continuación.

### 2.9.2. RAMA 1 del ANILLO 2 ∞ va desde CT4 hasta CGP18 (7 CARGAS)

#### ■ CONFIGURACIÓN DE LA RAMA 1:



#### 2.9.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección.

Se determina a partir del cálculo de la intensidad de corriente en el tramo más desfavorable, en nuestro caso con la potencia acumulada en el punto **CGP2** teniendo en cuenta los valores de los coeficientes de simultaneidad que establece el REBT en su ITC-BT-10 en los edificios destinados a viviendas.

##### CGP 18

$$p_m = \frac{2 * 9.2}{2} = 9.2$$

$$c. s = 2$$

$$P_{18} = (9.2 * 2) = 18.4 \text{ kW}$$

##### CGP 17

$$p_m = \frac{4 * 9.2}{4} = 9.2$$

$$c. s = 3.8$$

$$P_{17} = (9.2 * 3.8) = 34.96 \text{ kW}$$

##### CGP 16

$$p_m = \frac{6 * 9.2}{6} = 9.2$$

$$c. s = 5.4$$

$$P_{16} = (9.2 * 5.4) = 49.68 \text{ kW}$$

##### CGP 15

$$p_m = \frac{8 * 9.2}{8} = 9.2$$

$$c.s = 7$$

$$P_{15} = (9.2 * 7) = 64.4 \text{ kW}$$

#### **CGP 14**

$$p_m = \frac{10 * 9.2}{10} = 9.2$$

$$c.s = 8.5$$

$$P_{14} = (9.2 * 8.5) = 78.2 \text{ kW}$$

#### **CGP 13**

$$p_m = \frac{12 * 9.2}{12} = 9.2$$

$$c.s = 9.9$$

$$P_{13} = (9.2 * 9.9) = 91.08 \text{ kW}$$

#### **CGP 1**

$$p_m = \frac{13 * 9.2}{13} = 9.2$$

$$c.s = 10.6$$

$$P_3 = (9.2 * 10.6) + 6.451 = 103.971 \text{ kW}$$

La potencia total que circula por la rama

$$P = 103.971 \text{ kW}$$

Cálculo de la intensidad que circulará por cada rama del anillo mediante la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

Donde:

$$U = 0,4 \text{ kV}$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

$$I = \frac{115000}{\sqrt{3} * 400 * 0.9} = 166.7435 \text{ A}$$

De las siguientes tablas obtenemos:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	<b>0.206</b>	<b>0.075</b>
240	0.125	0.070

**Tabla 2.123: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

.



Cable	Intensidad nominal del fusible					
	100	125	160	200	250	315
XZ1(S) 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	<b>215</b>	135	
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
	Longitud en metros					

**Tabla 2.1244: Protección contra cortocircuito. Intensidad nominal del fusible. (VER TABLA: página 8. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

El fusible seleccionado según los parámetros a proteger es:

- El cable XZ1(S) 0.6 / 1 KV
- La intensidad nominal del fusible seleccionado es 200 (A) > 166.7435 (A)
- Longitud que alcanza el fusible seleccionado protegida por cortocircuito es 215 m > 198.89 m.

**El fusible seleccionado corresponde a  $I_n = 200$  A con alcance 215 metros.**

### 2.9.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento.

Para comprobar que la intensidad que pasará por el conductor no sobrepase su valor límite compararemos ésta con la que nos proporciona el tipo de conductor elegido y le aplicaré un factor de corrección para el caso que sea necesario.

En nuestro caso al tener una instalación tipo el único factor de corrección utilizado será por agrupación de cables.

Utilizaremos las siguientes tablas según NORMA UNE 211435 para determinar el factor de corrección y la sección del conductor en función de la intensidad máxima admisible.

En este caso, y debido a la inexistencia de algún motor, no existe sobredimensionamiento con lo cual, la corriente que circula por la rama corresponde a la corriente máxima.

$$I_{\text{máx}} = 1.25 \cdot I$$

$$I_{\text{máx}} = I$$

$$I_{\text{máx}} = 166.7435 \text{ A}$$

La corriente máxima prima se debe a la corriente que circula una vez tenido en cuenta los factores de corrección correspondientes. Para Instalaciones Eléctricas en Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión.

(° C)	Temperatura del terreno en cables soterrados °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90*	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
105*	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.83

Tabla 2.125: A.6. (UNE 211435). Factores de corrección para las distintas temperaturas.

(VER TABLA: Tabla 7. (ITC LAT-06 ) Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C)

(k.m/W)	Resistividad del terreno						
Sección	0.8 k.m/W	0.9 k.m/W	1 k.m/W	1.5 k.m/W	2 k.m/W	2.5 k.m/W	3 k.m/W
25	1.25	1.20	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
35	1.25	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
50	1.26	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.74
70	1.27	1.22	1.17	1.00	0.89	0.81	0.74
95	1.28	1.22	1.18	1.00	0.89	0.80	0.74
120	1.28	1.22	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
150	1.28	1.23	1.18	<u>1.00</u>	0.88	0.80	0.74
185	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
240	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
300	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
400	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.79	0.73

**Tabla 2.126: A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.**

**(VER TABLA: Tabla 8. (ITC LAT-06). Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W)**

Cables de 0.6/1 kV	
Profundidad (m)	Soterrados
0.50	1.04
0.60	1.02
0.70	<b>1.00</b>
0.80	0.99
1.00	0.97
1.25	0.95
1.50	0.93
1.75	0.92
2.00	0.91
2.05	0.89
3.00	0.88

**Tabla 2.127: A.8. (UNE 211435) Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (cables soterrados).**  
**(VER TABLA: Tabla 11. (ITC LAT-06). Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 m)**

Circuitos en directamente soterrados					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	contacto	200	400	600	800
2	<b>0.82</b>	0.88	0.92	0.94	0.96
3	0.71	0.79	0.84	0.88	0.91
4	0.64	0.74	0.81	0.85	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.83	0.86
6	0.56	0.67	0.76	0.82	0.85
7	0.53	0.65	0.74	0.80	-
8	0.51	0.63	0.73	0.80	-
9	0.49	0.62	0.72	0.79	-
10	0.48	0.61	0.71	-	-

**Tabla 2.128: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.82.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{I}{f_c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 2 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{103.971}{0.82} = 107.17 \text{ A}$$

Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo del anillo a estudiar, en este caso el tramo 1 del anillo del Centro de Transformación 4, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.

Intensidad máxima admisible en Aislamiento de XLPE. Conductor Cu o Al.			
Sección	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido al sol
<b>Aluminio</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	<b>260</b>	230	290
240	340	305	390
<b>Cobre</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

**Tabla 2.129: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

Temperatura del terreno en °C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Profundidad de soterramiento en m 0.70.

Escogemos una intensidad admisible de 260 A a la cual le corresponde una sección de 150 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 260 = 249.6 \text{ A}$$

El fusible seleccionado es de 200 (A) y es válido al estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$249.6 \text{ (A)} > 166.7435 \text{ (A)}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

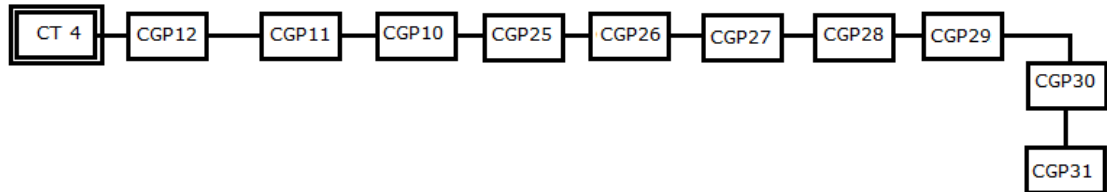
$$f.d.c. = \frac{166.7435}{249.6} = 0.66 < 0.85$$

El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto, y es el siguiente:

**(3x 150 mm<sup>2</sup>) + (1x95 mm<sup>2</sup>) de Al RV 0.6/1 kV**

### 2.9.3. RAMA 2 del ANILLO 2 ∞ va desde CT 4 hasta CGP 31 (10 CARGAS)

#### ▪ CONFIGURACIÓN DE LA RAMA 2:



#### 2.9.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección.

Se determina a partir del cálculo de la intensidad de corriente en el tramo más desfavorable, en nuestro caso con la potencia acumulada en el punto del **CGP24** teniendo en cuenta los valores de los coeficientes de simultaneidad que establece el REBT en su ITC-BT-10 en los edificios destinados a viviendas.

##### **CGP31**

$$p_m = \frac{2 * 9.2}{2} = 9.2$$

$$c.s = 2$$

$$P_{31} = (9.2 * 2) = 18.4 \text{ kW}$$

##### **CGP30**

$$p_m = \frac{4 * 9.2}{4} = 9.2$$

$$c.s = 3.8$$

$$P_{30} = (9.2 * 3.8) = 34.96 \text{ kW}$$

##### **CGP29**

$$p_m = \frac{6 * 9.2}{6} = 9.2$$

$$c.s = 5.4$$

$$P_{29} = (9.2 * 5.4) = 49.68 \text{ kW}$$



**CGP28**

$$pm = \frac{8 * 9.2}{8} = 9.2$$

$$c.s = 7$$

$$P_{28} = (9.2 * 7) = 64.4 \text{ kW}$$

**CGP27**

$$pm = \frac{10 * 9.2}{10} = 9.2$$

$$c.s = 8.5$$

$$P_{27} = (9.2 * 8.5) = 78.2 \text{ kW}$$

**CGP 26**

$$pm = \frac{12 * 9.2}{12} = 9.2$$

$$c.s = 9.9$$

$$P_{26} = (9.2 * 9.9) = 91.08 \text{ kW}$$

**CGP25**

$$pm = \frac{14 * 9.2}{14} = 9.2$$

$$c.s = 11.3$$

$$P_{25} = (9.2 * 11.3) = 103.96 \text{ kW}$$

**CGP 10**

$$pm = \frac{16 * 9.2}{16} = 9.2$$

$$c.s = 12.5$$

$$P_{10} = (9.2 * 12.5) = 115 \text{ kW}$$

**CGP11**

$$pm = \frac{18 * 9.2}{18} = 9.2$$

$$c.s = 13.7$$

$$P_{11} = (9.2 * 13.7) = 126.04 \text{ kW}$$

**CGP12**

$$p_m = \frac{20 * 9.2}{20} = 9.2$$

$$c.s = 14.8$$

$$P_{23} = (9.2 * 14.8) = 136.16 \text{ kW}$$

**CG24**

$$p_m = \frac{21 * 9.2}{21} = 9.2$$

$$c.s = 15.3 = 15.3$$

$$P_{24} = (9.2 * 15.3) = 140.76 \text{ kW}$$

La potencia total que circula por la rama

$$P = 140.76 \text{ kW}$$

Cálculo de la intensidad que circulará por cada rama del anillo mediante la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

Donde:

$$U = 0,4 \text{ kV}$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

$$I = \frac{131560}{\sqrt{3} * 400 * 0.9} = 210.989 \text{ A}$$

De las siguientes tablas obtenemos:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	0.206	0.075
240	<b>0.125</b>	<b>0.070</b>

**Tabla 2.130: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

Cable	Intensidad nominal del fusible					
	100	125	160	200	250	315
XZ1(S) 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	135	
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	<b>260</b>	195
	Longitud en metros					

**Tabla 2.131: Protección contra cortocircuito. Intensidad nominal del fusible.**  
**(VER TABLA: página 8. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

El fusible seleccionado según los parámetros a proteger es:

- El cable XZ1(S) 0.6 / 1 KV 3
- La intensidad nominal del fusible seleccionado es 250 (A) > 210.989 (A)
- Longitud que alcanza el fusible seleccionado protegida por cortocircuito es 260 m > 182.06 m.

**El fusible seleccionado corresponde a  $I_n = 250$  A con alcance 260 metros.**

### 2.9.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento.

Para comprobar que la intensidad que pasará por el conductor no sobrepase su valor límite compararemos ésta con la que nos proporciona el tipo de conductor elegido y le aplicaré un factor de corrección para el caso que sea necesario.

En nuestro caso al tener una instalación tipo el único factor de corrección utilizado será por agrupación de cables.

Utilizaremos las siguientes tablas según NORMA UNE 211435 para determinar el factor de corrección y la sección del conductor en función de la intensidad máxima admisible.

En este caso, y debido a la inexistencia de algún motor, no existe sobredimensionamiento con lo cual, la corriente que circula por la rama corresponde a la corriente máxima.

$$I_{\text{máx}} = 1.25 \cdot I$$

$$I_{\text{máx}} = I$$

$$I_{\text{máx}} = 210.989 \text{ A}$$

La corriente máxima prima se debe a la corriente que circula una vez tenido en cuenta los factores de corrección correspondientes. Para Instalaciones Eléctricas en Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión.

(° C)	Temperatura del terreno en cables soterrados °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90*	1.11	1.07	1.04	<u>1.00</u>	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
105*	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.83

**Tabla 2.132: A.6. (UNE 211435). Factores de corrección para las distintas temperaturas.**

**(VER TABLA: Tabla 7. (ITC LAT-06 ) Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C)**

(k.m/W)	Resistividad del terreno						
sección	0.8 k.m/W	0.9 k.m/W	1 k.m/W	1.5 k.m/W	2 k.m/W	2.5 k.m/W	3 k.m/W
25	1.25	1.20	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
35	1.25	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
50	1.26	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.74
70	1.27	1.22	1.17	1.00	0.89	0.81	0.74
95	1.28	1.22	1.18	1.00	0.89	0.80	0.74
120	1.28	1.22	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
150	1.28	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
185	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
240	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
300	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
400	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.79	0.73

**Tabla 2.133: A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.**

**(VER TABLA: Tabla 8. (ITC LAT-06). Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W)**

Cables de 0.6/1 kV	
Profundidad (m)	Soterrados
0.50	1.04
0.60	<u>1.02</u>
0.70	<b><u>1.00</u></b>
0.80	0.99
1.00	0.97
1.25	0.95
1.50	0.93
1.75	0.92
2.00	0.91
2.05	0.89
3.00	0.88

**Tabla 2.134: A.8. (UNE 211435) Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (cables soterrados).**  
**(VER TABLA: Tabla 11. (ITC LAT-06 ). Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 m)**

Circuitos en directamente soterrados					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	contacto	200	400	600	800
2	<b>0.82</b>	0.88	0.92	0.94	0.96
3	0.71	0.79	0.84	0.88	0.91
4	0.64	0.74	0.81	0.85	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.83	0.86
6	0.56	0.67	0.76	0.82	0.85
7	0.53	0.65	0.74	0.80	-
8	0.51	0.63	0.73	0.80	-
9	0.49	0.62	0.72	0.79	-
10	0.48	0.61	0.71	-	-

**Tabla 2.135: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.82.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{I}{f_c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 2 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{210.989}{0.82} = 219.7806 \text{ A}$$

Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo del anillo a estudiar, en este caso el tramo 2 del anillo 2 del Centro de Transformación 4, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.



Intensidad máxima admisible en Aislamiento de XLPE. Conductor Cu o Al.			
Sección	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido al sol
<b>Aluminio</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	<b>340</b>	305	390
<b>Cobre</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

**Tabla 2.136: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

Temperatura del terreno en °C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Profundidad de soterramiento en m 0.70.

Escogemos una intensidad admisible de 340 A a la cual le corresponde una sección de 240 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 340 = 326.4 \text{ A}$$

El fusible seleccionado es de 250 (A) y es válido al estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$\begin{aligned} I_{\text{máx adm}} &> I \\ 326.4 \text{ (A)} &> 210.989 \text{ (A)} \end{aligned}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$\begin{aligned} \text{f.d.c.} &= \frac{I}{I_{\text{máx adm}}} \\ \text{f.d.c.} &= \frac{210.989}{326.4} = 0.6464 < 0.85 \end{aligned}$$

El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto, y es el siguiente:

**(3x240 mm<sup>2</sup>) + (1x150 mm<sup>2</sup>) de Al RV 0.6/1 kV**

#### ***2.9.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2.***

Según normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo se recomienda que sea igual por las dos ramas, por tanto el diseño final de la red de distribución será:

El cálculo de la caída de tensión se realiza en función del momento eléctrico ( $W \cdot L$ ), donde la caída de tensión  $\% \Delta U$  viene dada en  $\%$  de la tensión compuesta  $U$  en voltios.

Lo obtenemos con la siguiente fórmula:

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot \operatorname{tg} \varphi)$$

$$\operatorname{cte} = \frac{R + X \cdot \operatorname{tg} \varphi}{10 \cdot U^2}$$

Donde:

$\Delta U$  = porcentaje de la caída de tensión.

$W$  = potencia en kW.

$L$  = longitud del tramo en km.

$U$  = tensión en kV, será 0.4 kV.

$\cos \varphi = 0.9$ .

$R$  = resistencia eléctrica del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

$X$  = reactancia inductiva del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

En la siguiente tabla podemos encontrar los datos de la resistencia y la impedancia:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	0.206	0.075
240	<b>0.125</b>	<b>0.070</b>

**Tabla 2.137: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

En este caso tendríamos unos valores de  $R=0.125 \text{ } \Omega/\text{km}$  y de  $X= 0.070 \text{ } \Omega/\text{km}$ , con lo cual tendríamos una constante de  $\text{cte}=0.099314$

## ANILLO 2 DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 4 (17 CARGAS)

### TRAMO 1 (7)

Tramo	Potencia	Longitud	c.d.t.	c.d.t acumulada
CT4-1	103.96	0.02614	0.6585	0.6585
1-13	91.08	0.06867	1.515	2.1741
13-14	78.2	0.0428	0.8110	2.9851
14-15	64.4	0.0157	0.245	3.2301
15-16	49.68	0.0157	0.189	3.4191
16-17	34.96	0.0157	0.1330	3.5521
17-18	18.4	0.0157	0.0700	3.6221<5%

Tabla 2.138: Caídas de tensión en el tramo 1 del anillo.

### TRAMO 2 (10 CARGAS)

Tramo	Potencia	Longitud	c.d.t.	c.d.t acumulada
CT4-12	131.560	0.02272	0.7243	0.7243
12-11	126.04	0.01131	0.3454	1.0697
11-10	115	0.01131	0.3151	1.3848
10-25	103.96	0.0333	0.8388	2.2236
25-26	91.8	0.01367	0.3040	2.5276
26-27	78.2	0.02759	0.522	3.0496
27-28	64.4	0.01554	0.2425	3.2921
28-29	49.68	0.01554	0.1878	3.4799
29-30	34.96	0.01554	0.1316	3.6115
30-31	18.4	0.01554	0.06289	3.674<5%

Tabla 2.139: Caídas de tensión en el tramo 2 del anillo.

**CENTRO DE REPARTO**

**ANILLO 1**

**2.10. Potencias conectadas en el ANILLO 1 del CR (5 CARGAS)**

▪ **CARGAS PERTENECIENTES AL ANILLO:**

Las cargas pertenecientes al anillo 1 del Centro de Reparto son las siguientes:

Potencia por superficie del equipamiento escolar: 5 W/m<sup>2</sup>.

Área del equipamiento escolar: 15101.92 m<sup>2</sup>.

Potencia total perteneciente al equipamiento escolar:

$$CGP_{EE} = 5 \text{ W/m}^2 * 15101.92 \text{ m}^2 = 75509.75 \text{ W.}$$

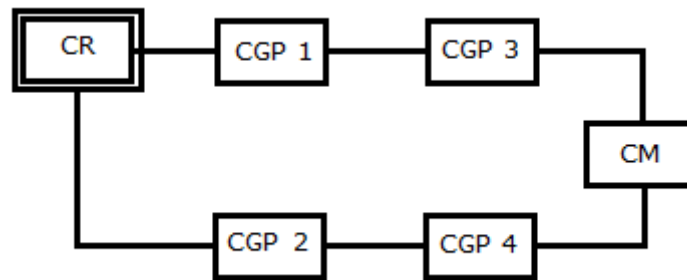
Dividimos la potencia en 4 CGP, con lo cual obtenemos una potencia por CGP:

$$CGP = \frac{75509.75}{4} = 18877.43 \text{ W}$$

$$CGP1 = CGP2 = CGP3 = CGP4 = 18877.43 \text{ W} = 18.877743 \text{ kW.}$$

La potencia perteneciente al CM= 20kW.

▪ **CONFIGURACIÓN DEL ANILLO:**



**2.10.1. Determinación del punto de mínima tensión.**

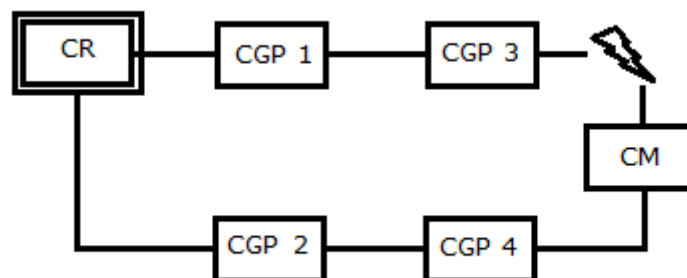
La longitud a la que se encuentra situado el punto de mínima tensión se determina mediante la expresión:

$$p.m.t = \frac{\sum P * L}{P_T}$$

P = Potencia en kw

L = Longitud desde el origen a cada punto en m.

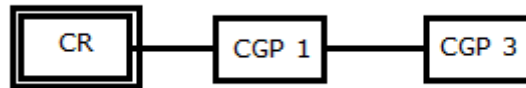
$$p.m.t = [(18.877 * 21) + (18.877 * 138.84) + (20 * 252.855) + (18.877 * 307.98) + (18.877 * 425.88)] / 95.508 = 226.6147 \text{ m}$$



El punto de mínima tensión se encuentra entre los puntos **CG3** y **CM** a una distancia al origen de **226.6147 m**, por tanto abriremos la línea dividiéndola en dos tramos de acuerdo con los esquemas representados a continuación.

**2.10.2. RAMA 1 del ANILLO 1 ∞ va desde CR hasta CGP3 (2 CARGAS)**

▪ **CONFIGURACIÓN DE LA RAMA 1:**



**2.10.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección.**

Se determina a partir del cálculo de la intensidad de corriente en el tramo más desfavorable, en nuestro caso con la potencia acumulada en el punto **CGP1** teniendo en cuenta los valores de los coeficientes de simultaneidad que establece el REBT en su ITC-BT-10 en los edificios destinados a viviendas.

**CGP 3**

$$p_m = 18877.432 \text{ W} = 18.877 \text{ kW}$$

1 CGP

$$P_3 = 18.877 \text{ kW}$$

**CGP 1**

$$p_m = 18877.432 \text{ W} = 18.877 \text{ kW}$$

2 CGP

$$P_1 = (2 * 18.877) = 37.754 \text{ kW}$$



La potencia total que circula por la rama

$$P = 37.754 \text{ kW}$$

Cálculo de la intensidad que circulará por cada rama del anillo mediante la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

Donde:

$$U = 0,4 \text{ kV}$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

$$I = \frac{37754}{\sqrt{3} * 400 * 0.9} = 60.55 \text{ A}$$

De las siguientes tablas obtenemos:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	<b>0.206</b>	<b>0.075</b>
240	0.125	0.070

**Tabla 2.140: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

Cable	Intensidad nominal del fusible					
	100	125	160	200	250	315
XZ1(S) 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	<b>470</b>	380	285	215	135	
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
	Longitud en metros					

**Tabla 2.141: Protección contra cortocircuito. Intensidad nominal del fusible.**  
**(VER TABLA: página 8. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

El fusible seleccionado según los parámetros a proteger es:

- El cable XZ1(S) 0.6 / 1 KV
- La intensidad nominal del fusible seleccionado es 100 (A) > 60.55 (A)
- Longitud que alcanza el fusible seleccionado protegida por cortocircuito es 190 m > 188.84 m.

**El fusible seleccionado corresponde a  $I_n = 100$  A con alcance 470 metros.**

### 2.10.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento.

Para comprobar que la intensidad que pasará por el conductor no sobrepase su valor límite compararemos ésta con la que nos proporciona el tipo de conductor elegido y le aplicaré un factor de corrección para el caso que sea necesario.

En nuestro caso al tener una instalación tipo el único factor de corrección utilizado será por agrupación de cables.

Utilizaremos las siguientes tablas según NORMA UNE 211435 para determinar el factor de corrección y la sección del conductor en función de la intensidad máxima admisible.

En este caso, y debido a la inexistencia de algún motor, no existe sobredimensionamiento con lo cual, la corriente que circula por la rama corresponde a la corriente máxima.

$$I_{\text{máx}} = 1.25 \cdot I$$

$$I_{\text{máx}} = I$$

$$I_{\text{máx}} = 60.55 \text{ A}$$

La corriente máxima prima se debe a la corriente que circula una vez tenido en cuenta los factores de corrección correspondientes. Para Instalaciones Eléctricas en Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión.

(° C)	Temperatura del terreno en cables soterrados °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90*	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
105*	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.83

**Tabla 2.142: A.6. (UNE 211435). Factores de corrección para las distintas temperaturas.**

**(VER TABLA: Tabla 7. (ITC LAT-06 ) Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C)**

(k.m/W)	Resistividad del terreno						
sección	0.8 k.m/W	0.9 k.m/W	1 k.m/W	1.5 k.m/W	2 k.m/W	2.5 k.m/W	3 k.m/W
25	1.25	1.20	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
35	1.25	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
50	1.26	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.74
70	1.27	1.22	1.17	1.00	0.89	0.81	0.74
95	1.28	1.22	1.18	1.00	0.89	0.80	0.74
120	1.28	1.22	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
150	1.28	1.23	1.18	<u>1.00</u>	0.88	0.80	0.74
185	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
240	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
300	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
400	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.79	0.73

**Tabla 2.143: A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.**

**(VER TABLA: Tabla 8. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W)**

Cables de 0.6/1 kV	
Profundidad (m)	Soterrados
0.50	1.04
0.60	1.02
0.70	<b>1.00</b>
0.80	0.99
1.00	0.97
1.25	0.95
1.50	0.93
1.75	0.92
2.00	0.91
2.05	0.89
3.00	0.88

**Tabla 2.144: A.8. (UNE 211435) Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (cables soterrados).**  
**(VER TABLA: Tabla 11. (ITC LAT-06). Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 m)**

Circuitos en directamente soterrados					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	contacto	200	400	600	800
2	<b>0.82</b>	0.88	0.92	0.94	0.96
3	0.71	0.79	0.84	0.88	0.91
4	0.64	0.74	0.81	0.85	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.83	0.86
6	0.56	0.67	0.76	0.82	0.85
7	0.53	0.65	0.74	0.80	-
8	0.51	0.63	0.73	0.80	-
9	0.49	0.62	0.72	0.79	-
10	0.48	0.61	0.71	-	-

**Tabla 2.145: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.82.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{I}{f_c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 2 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{60.55}{0.82} = 63.07 \text{ A}$$

Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo del anillo a estudiar, en este caso el tramo 1 del anillo 1 del Centro de Reparto, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.

Intensidad máxima admisible en Aislamiento de XLPE. Conductor Cu o Al.			
Sección	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido al sol
<b>Aluminio</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	<b>260</b>	230	290
240	340	305	390
<b>Cobre</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

**Tabla 2.146: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

Temperatura del terreno en °C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Profundidad de soterramiento en m 0.70.

Escogemos una intensidad admisible de 95 A a la cual le corresponde una sección de 25 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 260 = 213.2 \text{ A}$$

El fusible seleccionado es de 100 (A) y no es válido, puesto que no está entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$213.2 \text{ (A)} > 60.55 \text{ (A)}$$

Escogemos una intensidad admisible de 260 A a la cual le corresponde una sección de 150 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 260 = 213.02 \text{ A}$$

El fusible seleccionado es de 100 (A) y es válido al estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$213.2 \text{ (A)} > 60.55 \text{ (A)}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

$$f.d.c. = \frac{60.55}{213.2} = 0.2840 < 0.85$$

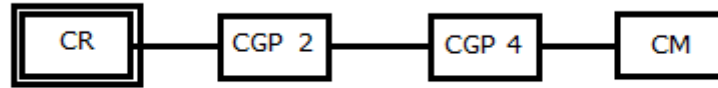
El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto, y es el siguiente:

**(3x240 mm<sup>2</sup>) + (1x150 mm<sup>2</sup>) de Al RV 0.6/1 kV**



### 2.10.3. RAMA 2 del ANILLO 2 ∞ va desde CR 4 hasta CM (3 CARGAS)

#### ▪ CONFIGURACIÓN DE LA RAMA 2:



#### 2.10.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección.

Se determina a partir del cálculo de la intensidad de corriente en el tramo más desfavorable, en nuestro caso con la potencia acumulada en el punto del **CGP2** teniendo en cuenta los valores de los coeficientes de simultaneidad que establece el REBT en su ITC-BT-10 en los edificios destinados a viviendas.

##### CM

$$P_{CM} = 20 \text{ kW}$$

##### CGP 4

$$p_m = 18877.432 \text{ W} = 18.877 \text{ kW}$$

1 CGP

$$P_4 = 18.877 + 20 \text{ k} = 38.877 \text{ W}$$

##### CGP 2

$$p_m = 18877.432 \text{ W} = 18.877 \text{ kW}$$

2 CGP

$$P_2 = (2 * 18.877) + 20 = 57.754 \text{ kW}$$

La potencia total que circula por la rama

$$P = 57.754 \text{ kW}$$

Cálculo de la intensidad que circulará por cada rama del anillo mediante la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

Donde:

$$U = 0,4 \text{ kV}$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

$$I = \frac{57754}{\sqrt{3} * 400 * 0.9} = 92.616 \text{ A}$$

De las siguientes tablas obtenemos:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	<b>0.206</b>	<b>0.075</b>
240	0.125	0.070

**Tabla 2.147: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

Cable	Intensidad nominal del fusible					
	100	125	160	200	250	315
XZ1(S) 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	<b>470</b>	380	285	215	135	
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
	Longitud en metros					

**Tabla 2.148: Protección contra cortocircuito. Intensidad nominal del fusible.**  
(VER TABLA: página 8. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).

El fusible seleccionado según los parámetros a proteger es:

- El cable XZ1(S) 0.6 / 1 KV
- La intensidad nominal del fusible seleccionado es 100 (A) > 92.616 (A)
- Longitud que alcanza el fusible seleccionado protegida por cortocircuito es 470 m > 252.85 m.

**El fusible seleccionado corresponde a  $I_n = 100$  A con alcance 470 metros.**

### 2.10.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento.

Para comprobar que la intensidad que pasará por el conductor no sobrepase su valor límite compararemos ésta con la que nos proporciona el tipo de conductor elegido y le aplicaré un factor de corrección para el caso que sea necesario.

En nuestro caso al tener una instalación tipo el único factor de corrección utilizado será por agrupación de cables.

Utilizaremos las siguientes tablas según NORMA UNE 211435 para determinar el factor de corrección y la sección del conductor en función de la intensidad máxima admisible.

En este caso, y debido a la inexistencia de algún motor, no existe sobredimensionamiento con lo cual, la corriente que circula por la rama corresponde a la corriente máxima.

$$I_{\text{máx}} = 1.25 \cdot I$$

$$I_{\text{máx}} = I$$

$$I_{\text{máx}} = 92.616 \text{ A}$$

La corriente máxima prima se debe a la corriente que circula una vez tenido en cuenta los factores de corrección correspondientes. Para Instalaciones Eléctricas en Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión.

(° C)	Temperatura del terreno en cables soterrados °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90*	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
105*	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.83

Tabla 2.149: A.6. (UNE 211435). Factores de corrección para las distintas temperaturas.

(VER TABLA: Tabla 7. (ITC LAT-06 ) Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C )

(k.m/W)	Resistividad del terreno						
sección	0.8 k.m/W	0.9 k.m/W	1 k.m/W	1.5 k.m/W	2 k.m/W	2.5 k.m/W	3 k.m/W
25	1.25	1.20	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
35	1.25	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
50	1.26	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.74
70	1.27	1.22	1.17	1.00	0.89	0.81	0.74
95	1.28	1.22	1.18	1.00	0.89	0.80	0.74
120	1.28	1.22	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
150	1.28	1.23	1.18	<u>1.00</u>	0.88	0.80	0.74
185	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
240	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
300	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
400	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.79	0.73

**Tabla 2.150: A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.**

**(VER TABLA: Tabla 8. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W)**

Cables de 0.6/1 kV	
Profundidad (m)	Soterrados
0.50	1.04
0.60	1.02
0.70	<b>1.00</b>
0.80	0.99
1.00	0.97
1.25	0.95
1.50	0.93
1.75	0.92
2.00	0.91
2.05	0.89
3.00	0.88

**Tabla 2.151: A.8. (UNE 211435) Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (cables soterrados).**  
**(VER TABLA: Tabla 11. (ITC LAT-06). Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 m)**

Circuitos en directamente soterrados					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	contacto	200	400	600	800
2	<b>0.82</b>	0.88	0.92	0.94	0.96
3	0.71	0.79	0.84	0.88	0.91
4	0.64	0.74	0.81	0.85	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.83	0.86
6	0.56	0.67	0.76	0.82	0.85
7	0.53	0.65	0.74	0.80	-
8	0.51	0.63	0.73	0.80	-
9	0.49	0.62	0.72	0.79	-
10	0.48	0.61	0.71	-	-

**Tabla 2.152: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.82.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{I}{f_c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 2 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{92.616}{0.82} = 96.48 \text{ A}$$

Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo del anillo a estudiar, en este caso el tramo 2 del anillo 1 del Centro de Reparto, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.

Intensidad máxima admisible en Aislamiento de XLPE. Conductor Cu o Al.			
Sección	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido al sol
<b>Aluminio</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	<b>260</b>	230	290
240	340	305	390
<b>Cobre</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

**Tabla 2.153: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

Temperatura del terreno en °C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Profundidad de soterramiento en m 0.70.

Escogemos una intensidad admisible de 260 A a la cual le corresponde una sección de 150 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 260 = 213.2 \text{ A}$$



El fusible seleccionado es de 100 (A) y no es válido, puesto que no está entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$213.2 \text{ (A)} > 92.616 \text{ (A)}$$

Escogemos una intensidad admisible de 260 A a la cual le corresponde una sección de 150 mm<sup>2</sup>.

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

$$f.d.c. = \frac{92.616}{213.2} = 0.4344 < 0.85$$

El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto, y es el siguiente:

**(3x150 mm<sup>2</sup>) + (1x95 mm<sup>2</sup>) de Al RV 0.6/1 kV**

#### ***2.10.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2.***

Según normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo se recomienda que sea igual por las dos ramas, por tanto el diseño final de la red de distribución será:

El cálculo de la caída de tensión se realiza en función del momento eléctrico ( $W \cdot L$ ), donde la caída de tensión  $\% \Delta U$  viene dada en  $\%$  de la tensión compuesta  $U$  en voltios.

Lo obtenemos con la siguiente fórmula:

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot \operatorname{tg} \varphi)$$

$$\operatorname{cte} = \frac{R + X \cdot \operatorname{tg} \varphi}{10 \cdot U^2}$$

Donde:

$\Delta U$  = porcentaje de la caída de tensión.

$W$  = potencia en kW.

$L$  = longitud del tramo en km.

$U$  = tensión en kV, será 0.4 kV.

$\cos \varphi = 0.9$ .

$R$  = resistencia eléctrica del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

$X$  = reactancia inductiva del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

En la siguiente tabla podemos encontrar los datos de la resistencia y la impedancia:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	<b>0.206</b>	<b>0.075</b>
240	0.125	0.070

**Tabla 2.154: Características de los conductores según fase.**

(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).

En este caso tendríamos unos valores de  $R=0.320 \text{ } \Omega/\text{km}$  y de  $X= 0.076 \text{ } \Omega/\text{km}$ , con lo cual tendríamos una constante de  $\text{cte}=0.22300$ .

#### ANILLO 2 DEL CENTRO DE REPARTO (2 CARGAS)

##### TRAMO 1 (2 CARGAS)

Tramo	Potencia	Longitud	c.d.t.	c.d.t acumulada
CR-1	37.754	0.021	0.1768	0.1768
1-3	18.877	0.11784	0.4960	0.67285<5%

**Tabla 2.155: Caídas de tensión en el tramo 1 del anillo.**

##### TRAMO 2 (3 CARGAS)

Tramo	Potencia	Longitud	c.d.t.	c.d.t acumulada
CR-3	57.75	0.07991	1.029	1.029
3-4	38.877	0.11782	1.02144	2.05044
4-CM	20	0.055124	0.24585	2.2962<5%

**Tabla 2.156: Caídas de tensión en el tramo 2 del anillo.**

**CENTRO DE REPARTO**

**ANILLO 2**

**2.11. Potencias conectadas en el ANILLO 2 del CR (2 CARGAS)**

▪ **CARGAS PERTENECIENTES AL ANILLO:**

Las cargas pertenecientes al anillo 1 del Centro de Reparto son las siguientes:

Potencia por superficie del equipamiento social: 10 W/m<sup>2</sup>.

Área del equipamiento escolar: 4300 m<sup>2</sup>.

Potencia total perteneciente al equipamiento social

$$CGP_{ES} = 10 \text{ W/m}^2 * 4300 \text{ m}^2 = 43.000 \text{ W.}$$

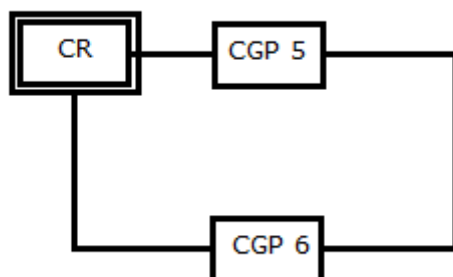
Dividimos la potencia en 2 CGP, con lo cual obtenemos una potencia por CGP:

$$CGP = \frac{43}{2} = 21.5 \text{ W}$$

$$CGP5 = CGP2 = CGP3 = CGP4 = 21.5 \text{ W} = 21.500 \text{ kW.}$$

La potencia perteneciente al jardín es  $P_{JARDÍN} = 6.999733 \text{ kW}$ .

▪ **CONFIGURACIÓN DEL ANILLO:**



**2.11.1. Determinación del punto de mínima tensión.**

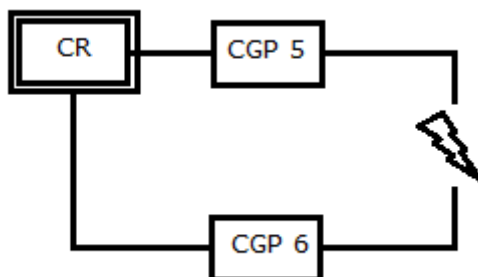
La longitud a la que se encuentra situado el punto de mínima tensión se determina mediante la expresión:

$$p.m.t = \frac{\sum P * L}{P_T}$$

P = Potencia en kw

L = Longitud desde el origen a cada punto en m.

$$p.m.t = [(21.5 + 6.9997) * 43.63 + (21.5 * 121.025)] / 49.997 = 76.92 \text{ m}$$



El punto de mínima tensión se encuentra entre los puntos **CG5** y **CGP6** a una distancia al origen de **76.92 m**, por tanto abriremos la línea dividiéndola en dos tramos de acuerdo con los esquemas representados a continuación.

**2.11.2. RAMA 1 del ANILLO 2 ∞ va desde CR hasta CGP5 (1 CARGA)**

---

▪ **CONFIGURACIÓN DE LA RAMA 1:**



**2.11.2.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección.**

---

Se determina a partir del cálculo de la intensidad de corriente en el tramo más desfavorable, en nuestro caso con la potencia acumulada en el punto **CGP5** teniendo en cuenta los valores de los coeficientes de simultaneidad que establece el REBT en su ITC-BT-10 en los edificios destinados a viviendas.

**CGP 5**

$$p_m = 21500 \text{ W} = 21.5 \text{ kW}$$

1 CGP

$$P_5 = 21.5 + 6.997 = 28.497 \text{ kW}$$

La potencia total que circula por la rama

$$P = 28.49733 \text{ kW}$$

Cálculo de la intensidad que circulará por cada rama del anillo mediante la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

Donde:

$$U = 0,4 \text{ kV}$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

$$I = \frac{37754}{\sqrt{3} * 400 * 0.9} = 45.7026 \text{ A}$$

De las siguientes tablas obtenemos:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	<b>0.206</b>	<b>0.075</b>
240	0.125	0.070

**Tabla 2.157: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

Cable	Intensidad nominal del fusible					
	100	125	160	200	250	315
XZ1(S) 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	<b>470</b>	380	285	215	135	
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
	Longitud en metros					

**Tabla 2.158: Protección contra cortocircuito. Intensidad nominal del fusible.**  
(VER TABLA: página 8. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).

El fusible seleccionado según los parámetros a proteger es:

- El cable XZ1(S) 0.6 / 1 KV
- La intensidad nominal del fusible seleccionado es 100 (A) > 45.7026 (A)
- Longitud que alcanza el fusible seleccionado protegida por cortocircuito es 190 m > 43.63 m.

**El fusible seleccionado corresponde a  $I_n = 100$  A con alcance 470 metros.**



### 2.11.2.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento.

Para comprobar que la intensidad que pasará por el conductor no sobrepase su valor límite compararemos ésta con la que nos proporciona el tipo de conductor elegido y le aplicaré un factor de corrección para el caso que sea necesario.

En nuestro caso al tener una instalación tipo el único factor de corrección utilizado será por agrupación de cables.

Utilizaremos las siguientes tablas según NORMA UNE 211435 para determinar el factor de corrección y la sección del conductor en función de la intensidad máxima admisible.

En este caso, y debido a la inexistencia de algún motor, no existe sobredimensionamiento con lo cual, la corriente que circula por la rama corresponde a la corriente máxima.

$$I_{\text{máx}} = 1.25 \cdot I$$

$$I_{\text{máx}} = I$$

$$I_{\text{máx}} = 45.7026 \text{ A}$$

La corriente máxima prima se debe a la corriente que circula una vez tenido en cuenta los factores de corrección correspondientes. Para Instalaciones Eléctricas en Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión.

(° C)	Temperatura del terreno en cables soterrados °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90*	1.11	1.07	1.04	<u>1.00</u>	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
105*	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.83

**Tabla 2.159: A.6. (UNE 211435). Factores de corrección para las distintas temperaturas.**

**(VER TABLA: Tabla 7. (ITC LAT-06) Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C )**

(k.m/W)	Resistividad del terreno						
sección	0.8 k.m/W	0.9 k.m/W	1 k.m/W	1.5 k.m/W	2 k.m/W	2.5 k.m/W	3 k.m/W
25	1.25	1.20	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
35	1.25	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
50	1.26	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.74
70	1.27	1.22	1.17	1.00	0.89	0.81	0.74
95	1.28	1.22	1.18	1.00	0.89	0.80	0.74
120	1.28	1.22	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
150	1.28	1.23	1.18	<u>1.00</u>	0.88	0.80	0.74
185	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
240	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
300	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
400	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.79	0.73

**Tabla 2.160: A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.**

**(VER TABLA: Tabla 8. (ITC LAT-06). Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W)**

Cables de 0.6/1 kV	
Profundidad (m)	Soterrados
0.50	1.04
0.60	1.02
0.70	<b><u>1.00</u></b>
0.80	0.99
1.00	0.97
1.25	0.95
1.50	0.93
1.75	0.92
2.00	0.91
2.05	0.89
3.00	0.88

**Tabla 2.161: A.8. (UNE 211435) Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (cables soterrados).**  
**(VER TABLA: Tabla 11. (ITC LAT-06). Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 m)**

Circuitos en directamente soterrados					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	contacto	200	400	600	800
2	<b>0.82</b>	0.88	0.92	0.94	0.96
3	0.71	0.79	0.84	0.88	0.91
4	0.64	0.74	0.81	0.85	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.83	0.86
6	0.56	0.67	0.76	0.82	0.85
7	0.53	0.65	0.74	0.80	-
8	0.51	0.63	0.73	0.80	-
9	0.49	0.62	0.72	0.79	-
10	0.48	0.61	0.71	-	-

**Tabla 2.162: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.82.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{I}{f_c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 2 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{45.7026}{0.82} = 47.6068 \text{ A}$$

Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo del anillo a estudiar, en este caso el tramo 1 del anillo 2 del Centro de Reparto, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.

Intensidad máxima admisible en Aislamiento de XLPE. Conductor Cu o Al.			
Sección	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido al sol
<b>Aluminio</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	<b>260</b>	230	290
240	340	305	390
<b>Cobre</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

**Tabla 2.163: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

Temperatura del terreno en °C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Profundidad de soterramiento en m 0.70.

Escogemos una intensidad admisible de 95 A a la cual le corresponde una sección de 25 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 95 = 91.2 \text{ A}$$

El fusible seleccionado es de 100 (A) y no es válido, puesto que no está entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$91.2 \text{ (A)} > 45.7026 \text{ (A)}$$

Escogemos una intensidad admisible de 135 A a la cual le corresponde una sección de 95 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 135 = 129.6 \text{ A}$$

El fusible seleccionado es de 100 (A) y es válido al estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$129.2 \text{ (A)} > 45.7026 \text{ (A)}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

$$f.d.c. = \frac{45.7026}{129.2} = 0.349 < 0.85$$

El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto, y es el siguiente:

**(3x150 mm<sup>2</sup>) + (1x150 mm<sup>2</sup>) de Al RV 0.6/1 kV**

**2.11.3. RAMA 2 del ANILLO 2 ∞ va desde CR 4 hasta CM (1 CARGAS)**

---

▪ **CONFIGURACIÓN DE LA RAMA 2:**



**2.11.3.1. Determinación de la sección del conductor y del fusible de protección.**

---

Se determina a partir del cálculo de la intensidad de corriente en el tramo más desfavorable, en nuestro caso con la potencia acumulada en el punto del **CGP6** teniendo en cuenta los valores de los coeficientes de simultaneidad que establece el REBT en su ITC-BT-10 en los edificios destinados a viviendas.

**CGP 6**

$$p_m = 21500 \text{ W} = 21.5 \text{ kW}$$

1 CGP

$$P_6 = 21.5 = 21.5 \text{ kW}$$

La potencia total que circula por la rama

$$P = 21.5 \text{ kW}$$

Cálculo de la intensidad que circulará por cada rama del anillo mediante la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

Donde:

$$U = 0,4 \text{ kV}$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

$$I = \frac{57754}{\sqrt{3} * 400 * 0.9} = 34.4806 \text{ A}$$

De las siguientes tablas obtenemos:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	0.320	0.076
150	<b>0.206</b>	<b>0.075</b>
240	0.125	0.070

**Tabla 2.164: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**



Cable	Intensidad nominal del fusible					
	100	125	160	200	250	315
XZ1(S) 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	<b>470</b>	380	285	215	135	
XZ1(S) 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
	Longitud en metros					

**Tabla 2.165: Protección contra cortocircuito. Intensidad nominal del fusible.**  
**(VER TABLA: página 8. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

El fusible seleccionado según los parámetros a proteger es:

- El cable XZ1(S) 0.6 / 1 KV
- La intensidad nominal del fusible seleccionado es 100 (A) > 34.4806 (A)
- Longitud que alcanza el fusible seleccionado protegida por cortocircuito es 470 m > 121.05 m.

**El fusible seleccionado corresponde a  $I_n = 100$  A con alcance 470 metros.**

### 2.11.3.2. Comprobación de la Intensidad máxima admisible por criterio de calentamiento.

Para comprobar que la intensidad que pasará por el conductor no sobrepase su valor límite compararemos ésta con la que nos proporciona el tipo de conductor elegido y le aplicaré un factor de corrección para el caso que sea necesario.

En nuestro caso al tener una instalación tipo el único factor de corrección utilizado será por agrupación de cables.

Utilizaremos las siguientes tablas según NORMA UNE 211435 para determinar el factor de corrección y la sección del conductor en función de la intensidad máxima admisible.

En este caso, y debido a la inexistencia de algún motor, no existe sobredimensionamiento con lo cual, la corriente que circula por la rama corresponde a la corriente máxima.

$$I_{\text{máx}} = 1.25 \cdot I$$

$$I_{\text{máx}} = I$$

$$I_{\text{máx}} = 34.4806 \text{ A}$$

La corriente máxima prima se debe a la corriente que circula una vez tenido en cuenta los factores de corrección correspondientes. Para Instalaciones Eléctricas en Redes Subterráneas de Distribución en Baja Tensión.

(° C)	Temperatura del terreno en cables soterrados °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90*	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
105*	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.83

**Tabla 2.166: A.6. (UNE 211435). Factores de corrección para las distintas temperaturas.**

**(VER TABLA: Tabla 7. (ITC LAT-06) Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C )**

(k.m/W)	Resistividad del terreno						
sección	0.8 k.m/W	0.9 k.m/W	1 k.m/W	1.5 k.m/W	2 k.m/W	2.5 k.m/W	3 k.m/W
25	1.25	1.20	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
35	1.25	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.75
50	1.26	1.21	1.16	1.00	0.89	0.81	0.74
70	1.27	1.22	1.17	1.00	0.89	0.81	0.74
95	1.28	1.22	1.18	1.00	0.89	0.80	0.74
120	1.28	1.22	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
150	1.28	1.23	1.18	<u>1.00</u>	0.88	0.80	0.74
185	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.74
240	1.29	1.23	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
300	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.80	0.73
400	1.30	1.24	1.18	1.00	0.88	0.79	0.73

**Tabla 2.167: A.7. (UNE 211435) Factores de corrección para resistividad térmica del terreno.**

**(VER TABLA: Tabla 8. (ITC LAT-06). Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W)**

Cables de 0.6/1 Kv	
Profundidad (m)	Soterrados
0.50	1.04
0.60	<u>1.02</u>
0.70	<b><u>1.00</u></b>
0.80	0.99
1.00	0.97
1.25	0.95
1.50	0.93
1.75	0.92
2.00	0.91
2.05	0.89
3.00	0.88

**Tabla 2.168: A.8. (UNE 211435) Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (cables soterrados).**  
**(VER TABLA: Tabla 11. (ITC LAT-06). Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 m)**

Circuitos en directamente soterrados					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	contacto	200	400	600	800
2	<b>0.82</b>	0.88	0.92	0.94	0.96
3	0.71	0.79	0.84	0.88	0.91
4	0.64	0.74	0.81	0.85	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.83	0.86
6	0.56	0.67	0.76	0.82	0.85
7	0.53	0.65	0.74	0.80	-
8	0.51	0.63	0.73	0.80	-
9	0.49	0.62	0.72	0.79	-
10	0.48	0.61	0.71	-	-

**Tabla 2.169: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.82.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{I}{f.c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 2 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{344806}{0.82} = 35.917 \text{ A}$$

Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo del anillo a estudiar, en este caso el tramo 2 del anillo 2 del Centro de Reparto, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.

Intensidad máxima admisible en Aislamiento de XLPE. Conductor Cu o Al.			
Sección	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido al sol
<b>Aluminio</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	<b>260</b>	230	290
240	340	305	390
<b>Cobre</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

**Tabla 2.170: A.9.2. (UNE 211435) Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0.6/1 kV (cables soterrados).**

**(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06 ). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)**

Temperatura del terreno en °C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Profundidad de soterramiento en m 0.70.

Escogemos una intensidad admisible de 95 A a la cual le corresponde una sección de 25 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 95 = 91.2 \text{ A}$$

El fusible seleccionado es de 100 (A) y no es válido, puesto que no está entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$91.2 \text{ (A)} > 34.4806 \text{ (A)}$$

Escogemos una intensidad admisible de 135 A a la cual le corresponde una sección de 95 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.82 * 135 = 129.6 \text{ A}$$

El fusible seleccionado es de 100 (A) y es válido al estar entre los valores calculados de Intensidad máxima admisible del cable y la Intensidad máxima de transporte.

$$I_{\text{máx adm}} > I$$

$$129.2 \text{ (A)} > 34.4806 \text{ (A)}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

$$f.d.c. = \frac{34.4806}{129.2} = 0.26 < 0.85$$

El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto, y es el siguiente:

**(3x150 mm<sup>2</sup>) + (1x95 mm<sup>2</sup>) de Al RV 0.6/1 kV**

#### ***2.11.4. Cálculo de la caída de tensión L1 Y L2.***

Según normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo se recomienda que sea igual por las dos ramas, por tanto el diseño final de la red de distribución será:

El cálculo de la caída de tensión se realiza en función del momento eléctrico ( $W \cdot L$ ), donde la caída de tensión  $\% \Delta U$  viene dada en  $\%$  de la tensión compuesta  $U$  en voltios.

Lo obtenemos con la siguiente fórmula:

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot \operatorname{tg} \varphi)$$

$$\operatorname{cte} = \frac{R + X \cdot \operatorname{tg} \varphi}{10 \cdot U^2}$$

Donde:

$\Delta U$  = porcentaje de la caída de tensión.

$W$  = potencia en kW.

$L$  = longitud del tramo en km.

$U$  = tensión en kV, será 0.4 kV.

$\cos \varphi = 0.9$ .

$R$  = resistencia eléctrica del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

$X$  = reactancia inductiva del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .



En la siguiente tabla podemos encontrar los datos de la resistencia y la impedancia:

Sección de fase (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/m)	X (Ω/m)
50	0.641	0.080
95	<b>0.320</b>	<b>0.076</b>
150	0.206	0.075
240	0.125	0.070

**Tabla 2.171: Características de los conductores según fase.**

**(VER TABLA: pagina 6. (MT 2.51.01) Proyecto tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión).**

En este caso tendríamos unos valores de  $R=0.320 \text{ } \Omega/\text{km}$  y de  $X= 0.076 \text{ } \Omega/\text{km}$ , con lo cual tendríamos una constante de  $\text{cte}=0.22300$

#### **ANILLO 2 DEL CENTRO DE REPARTO (2 CARGAS)**

##### **TRAMO 1 (1 CARGA)**

Tramo	Potencia	Longitud	c.d.t.	c.d.t acumulada
CR-5	28.49733	0.04363	0.27727	0.27727<5%

**Tabla 2.172: Caídas de tensión en el tramo 1 del anillo.**

##### **TRAMO 2 (1 CARGA)**

Tramo	Potencia	Longitud	c.d.t.	c.d.t acumulada
CR-6	21.5	0.12105	0.58037	0.58037<5%

**Tabla 2.173: Caídas de tensión en el tramo 2 del anillo.**

**2.12. Tabla con el resumen de todos los cálculos pertenecientes a Baja Tensión.**

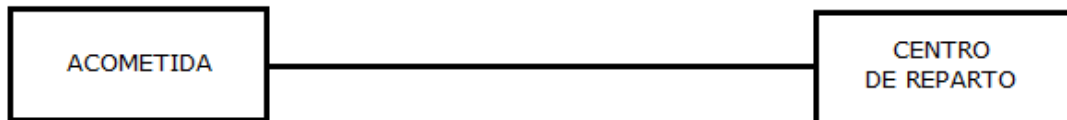
CT	ANILLO	p.m.t. (m)	LÍNEA	CABLE Al RV 0.6/1 kV	LONGITUD (m)	POTENCIA (kW)	INTENSIDAD (A)	FUSIBLE (A)	AU %
CT 1	ANILLO 1	117.457	Línea 1	(3x240 mm <sup>2</sup> ) + (1x150 mm <sup>2</sup> )	106.15	166.810	266.719	315	1.03087
			Línea 2	(3x240 mm <sup>2</sup> ) + (1x150 mm <sup>2</sup> )	131.5	177.275	274.30	315	1.7724
	ANILLO 2	247.8	Línea 1	(3x150 mm <sup>2</sup> ) + (1x95 mm <sup>2</sup> )	247.25	116.027	186.078	200	0.678
			Línea 2	(3x240 mm <sup>2</sup> ) + (1x150 mm <sup>2</sup> )	123.028	139.60	223.883	250	0.4068
CT 2	ANILLO 1	175.608	Línea 1	(3x240 mm <sup>2</sup> ) + (1x150 mm <sup>2</sup> )	168.84	177.275	244.304	315	2.49364
			Línea 2	(3x240 mm <sup>2</sup> ) + (1x150 mm <sup>2</sup> )	143.86	146.325	234.668	250	1.9762
	ANILLO 2	187.310	Línea 1	(3x240 mm <sup>2</sup> ) + (1x150 mm <sup>2</sup> )	180.805	131.05	210.115	250	1.5135
			Línea 2	(3x240 mm <sup>2</sup> ) + (1x150 mm <sup>2</sup> )	147.46	177.75	258.08	315	1.77192
CT 3	ANILLO 1	195.2737	Línea 1	(3x240 mm <sup>2</sup> ) + (1x150 mm <sup>2</sup> )	123.73	132.121	211.889	250	1.398
			Línea 2	(3x150 mm <sup>2</sup> ) + (1x95 mm <sup>2</sup> )	132.24	123.96	198.8	200	1.149
	ANILLO 2	159.675	Línea 1	(3x150 mm <sup>2</sup> ) + (1x95 mm <sup>2</sup> )	154.03	103.96	166.725	200	0.976
			Línea 2	(3x240 mm <sup>2</sup> ) + (1x150 mm <sup>2</sup> )	210.87	126.04	202.136	250	1.787
CT 4	ANILLO 1	189.06	Línea 1	(3x150 mm <sup>2</sup> ) + (1x95 mm <sup>2</sup> )	173.95	115	184.43	200	3.7331
			Línea 2	(3x240 mm <sup>2</sup> ) + (1x150 mm <sup>2</sup> )	239.82	145.36	233.121	250	4.21
	ANILLO 2	265.37	Línea 1	(3x150 mm <sup>2</sup> ) + (1x95 mm <sup>2</sup> )	198.89	103.971	166.7435	200	3.6221
			Línea 2	(3x240 mm <sup>2</sup> ) + (1x150 mm <sup>2</sup> )	182.06	140.76	210.989	250	3.674
CT 5 (CR)	ANILLO 1	221.096	Línea 1	(3x150 mm <sup>2</sup> ) + (1x95 mm <sup>2</sup> )	184.84	37.754	60.55	100	0.67285
			Línea 2	(3x150 mm <sup>2</sup> ) + (1x95 mm <sup>2</sup> )	252.85	57.754	92.616	100	2.2962
	ANILLO 2	76.92	Línea 1	(3x150 mm <sup>2</sup> ) + (1x95 mm <sup>2</sup> )	43.63	28.49733	45.7026	100	0.27727
			Línea 2	(3x150 mm <sup>2</sup> ) + (1x95 mm <sup>2</sup> )	121.05	21.5	34.4806	100	0.58037

## **CÁLCULOS ELÉCTRICOS JUSTIFICATIVOS DE MEDIA TENSIÓN.**

### **LSMT ACOMETIDA - CENTRO DE REPARTO.**

#### **2.12. LSMT ACOMETIDA - CENTRO DE REPARTO.**

El circuito equivalente de la línea subterránea de Media Tensión **desde la acometida hasta el Centro de Reparto** es el siguiente:



La distancia total en metros, desde el punto de Acometida hasta el Centro de Reparto, es la suma de los distintos tramos continuados:

La **longitud total del tramo** sería:

$$11.697 + 94.9503 + 117.4417 + 113.617 + 8.5 + 9.4524 + 30.7153 + 95.299 + 1.2507 = 485.9234 \text{ m}$$

Las necesidades de potencia responden a la demanda de los 5 centros de transformación (4 Centros de Transformación + 1 Centro de Mando y Reparto) proyectados de acuerdo con las necesidades del conjunto de viviendas y servicios del residencial.

La Línea Subterránea de Media Tensión tendrá que alimentar a los 5 Centros de Transformación, cada uno con una potencia de 2000 kVA.

Nº CT	S ( kVA)
CT1	400
CT2	400
CT3	400
CT4	400
CMR	400

**Tabla 2.157: Potencia aparente de cada uno de los Centros de Transformación.**

El CMR realiza las funciones de maniobra y reparto enlazando la línea de acometida con el anillo de media tensión y el centro de transformación de abonado.

### **2.12.1 Criterios para la determinación de la sección.**

Para la determinación de la sección de los conductores, es preciso realizar un cálculo en base a las tres consideraciones siguientes:

1. Intensidad máxima admisible por el cable en servicio permanente.
2. Caída de tensión.
3. Intensidad máxima admisible en cortocircuito durante un tiempo determinado.

#### **2.12.1.1. Criterio de la sección por intensidad máxima admisible.**

La corriente máxima permanente que el cable debe transportar se determinará en función de la potencia a transmitir (2000 KVA) y la tensión nominal de la línea (20 KV).

$$I_{\text{máx adm}} = \frac{S \text{ (kVA)}}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{2000}{\sqrt{3} * 20}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 57.735 \text{ (A)}$$

La acometida cumple con las condiciones de instalación tipo, es decir una terna de cables unipolares enterrados en toda su longitud en una zanja de un metro de profundidad en terreno de 1,5 k.m/W y temperatura ambiente del terreno de 25°C siendo el único factor de corrección utilizado el de agrupación de cables. El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.53.

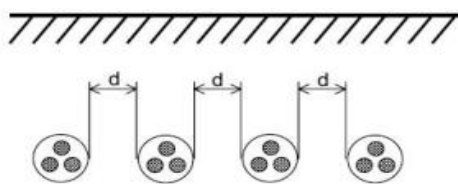
$$I'_{\text{máx}} = \frac{I}{f.c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 5 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{57735}{0.53} = 109.028 \text{ A}$$

Factores de corrección										
Tipo	Separación	Número de ternas de la zanja								
Cables Enterrados		2	3	4	5	6	7	8	9	10
	D=0	0.76	0.65	0.58	0.53	0.50	0.47	0.45	0.43	0.42
	D=0.2 m	0.82	0.73	0.68	0.64	0.61	0.59	0.57	0.56	0.55
	D=0.4 m	0.86	0.78	0.75	0.72	0.70	0.68	0.67	0.66	0.65
	D=0.6 m	0.88	0.82	0.79	0.77	0.76	0.74	0.74	0.73	-
	D=0.8 m	0.90	0.85	0.83	0.81	0.80	0.79	-	-	-
Cables Bajo Tubo		2	3	4	5	6	7	8	9	10
	D=0 m	0.80	0.70	0.64	0.60	0.57	0.54	0.52	0.50	0.49
	D=0.2 m	0.83	0.75	0.70	0.67	0.64	0.62	0.60	0.59	0.58
	D=0.4 m	0.87	0.80	0.77	0.74	0.72	0.71	0.70	0.69	0.58
	D=0.6 m	0.89	0.83	0.81	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	-
	D=0.8 m	0.90	0.86	0.84	0.86	0.81	-	-	-	-

**Tabla 2.158: Factores de corrección para distancias y ternos tripolares.**  
(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)



Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo a estudiar, en este caso el tramo que va desde la Acometida hasta el Centro de Reparto, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.

En las tablas siguientes se indican la sección en función de las intensidades máximas admisibles y los factores de corrección que se deben aplicar, según el número de cables tripolares o de ternas de cables unipolares y la distancia entre ternas o cables tripolares según la ITC – LAT 06 del REBT.

Sección	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	<u>275</u>
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

**Tabla 2.159: Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados hasta 18/30 kV directamente enterrados.**

**(VER TABLA: Tabla 12. (ITC LAT-06). Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV tubo)**

Temperatura del terreno en °C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Escogemos una intensidad admisible de 275 A a la cual le corresponde una sección de 150 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.53 * 275 = 145.75 \text{ A}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

$$f.d.c. = \frac{109.028}{145.75} = 0.74 < 0.85$$

El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto.

- Densidad de corriente:

La densidad de corriente que circulará por el conductor escogido para la L.S.M.T. será de:

$$\delta = \frac{I}{S} = \frac{57.7850}{150} = 0.3848 \text{ A/mm}^2$$

Siendo S = sección del conductor

#### **2.12.1.2. Cálculo de la caída de tensión de la línea.**

La caída de tensión por resistencia y reactancia de una línea (despreciando la influencia de la capacidad) la obtenemos con la siguiente fórmula:

$$\Delta U = \sqrt{3} * I * L (R * \cos\varphi + X \sin\varphi)$$

Donde:

$\Delta U$  = caída de tensión del tramo.

L = longitud del tramo en km.

I = intensidad que circula por la línea.

$\cos\varphi = 0.9$ .

$\sin\varphi = 0.43588$

R = resistencia eléctrica del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

X = reactancia inductiva del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

En la siguiente tabla podemos encontrar los datos de la resistencia y la impedancia:

Sección	Tensión nominal	Resistencia máx.	Reactancia por fase	Capacidad
150	12/20	<u>0.277</u>	<u>0.112</u>	0.368
240		0.169	1.105	0.453
400		0.107	0.098	0.536
50	18/30	0.277	0.121	0.266
240		0.169	0.113	0.338
400		0.107	0.106	0.401

**Tabla 2.160: Características de cables con aislamiento de Etileno Propileno de Alto Módulo (HEPR).**

$$\Delta U = \sqrt{3} * I * L (R * \cos\varphi + X \sin\varphi)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 57.7350 * 0.455859234 (0.277 * 0.9 + 0.112 * 0.43588) = 13.59 \text{ V}$$

La caída de tensión porcentual corresponde al resultado que obtenemos con la siguiente fórmula:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U * 100}{U}$$

$$\Delta U\% = \frac{13.59 * 100}{20000} = 0.0679 < 5\%$$



**2.12.1.3. Criterio de Intensidad máxima admisible en cortocircuito en los conductores.**

En la siguiente tabla se indica la intensidad máxima admisible de cortocircuito en los conductores, en función de los tiempos de duración del cortocircuito.

Tipo	Tensión	Sección	Duración del cortocircuito t en seg								
			0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
HEPR	12/20 18/30	150	44.7	31.9	25.8	19.9	14.1	11.5	9.9	8.8	8.1
		240	71.5	51.1	41.2	31.6	22.5	18.4	15.8	14.1	12.9
		400	119.2	85.2	68.8	53.2	37.61	30.80	26.4	23.6	21.6

**Tabla 2.161: Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores  
(VER TABLA: Tabla 24. (MT 2.31.06). Densidades máximas de corriente de cortocircuito en los conductores de aluminio, en A/mm<sup>2</sup>, de tensión nominal 12/20. )**

Estas intensidades se han calculado partiendo de la temperatura máxima de servicio de 105 °C y como temperatura final la de cortocircuito > 250 °C. La diferencia entre ambas temperaturas es:

$$\Delta\theta = 250 - 105 = 145 \rightarrow \text{HEPR}$$

$$\Delta\theta = 250 - 90 = 160 \rightarrow \text{XLPE}$$

En el cálculo se ha considerado que todo el calor desprendido durante el proceso es absorbido por los conductores, ya que su masa es muy grande en comparación con la superficie de disipación de calor y la duración del proceso es relativamente corta (proceso adiabático). En estas condiciones:

$$\frac{I}{S} = \frac{K}{\sqrt{t}}$$

$$I_{cc} * \sqrt{t} = K * S$$

$$I_{cc} = \frac{K * S}{\sqrt{t}}$$

Donde:

I = Corriente de cortocircuito, en amperios.

S = Sección del conductor, en mm<sup>2</sup>.

K = Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y final del cortocircuito.

t = Duración del cortocircuito, en segundos.

Si se desea conocer la intensidad máxima de cortocircuito para un valor de t distinto de los tabulados, se aplica la fórmula anterior. K coincide con el valor de intensidad tabulado para t = 1s.

Si interesa conocer la densidad de corriente de cortocircuito correspondiente a un incremento  $\Delta\theta'$  de temperatura distinto del tabulado  $\Delta\theta' = 160\text{ }^{\circ}\text{C}$ , basta multiplicar el correspondiente valor de la tabla por el factor de corrección:

$$F = \sqrt{(\Delta\theta - \Delta\theta')}$$

Tipo	Tensión	Temperatura	Duración del cortocircuito t en seg								
			0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
HERP	12/20	160	289	213	172	133	94	77	66	59	54

Tabla 2.162: Densidad de corriente del conductor, en A/mm<sup>2</sup>.

(VER TABLA: Tabla 26. (ITC LAT-06). Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm<sup>2</sup>, para conductores de aluminio.)

Tipo	Tensión	Sección	Duración del cortocircuito t en seg								
			0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
HERP	12/20 18/30	150	44.7	31.9	25.8	19.9	14.1	11.5	9.9	8.8	8.1
		240	71.5	51.1	41.2	31.9	22.5	18.4	15.8	14.1	12.9
		400	119.2	85.2	68.8	53.2	37.61	30.8	26.4	23.6	21.6

Tabla 2.163: Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores, en kA

(VER TABLA: Tabla 25 (MT 2.31.06). Intensidades de cortocircuito ademsible en la pantalla de cobre, en kA.)

(Incremento de temperatura 160  $\theta$  en  $^{\circ}\text{C}$ )

De la tabla anterior vemos que para una duración del cortocircuito de 0,5 segundos, un cable de aislamiento HEPR 150 mm<sup>2</sup>, que soporta una **densidad de corriente** de 133 A/mm<sup>2</sup>, soportará una **intensidad de corriente** de 19.9 kA

La fórmula que nos permite conocer la corriente de cortocircuito es la siguiente, partimos:

$$\delta = \frac{I_{cc}}{S} \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

Tenemos:

$$I_{cc\text{reglamento}} = \delta \text{ reglamento} * S$$

$$I_{cc\text{reglamento}} = 133 * 150 = 19.9 \text{ (kA)}$$

Para comprobar que la sección elegida puede soportar la intensidad de cortocircuito que se pueda presentar, tenemos que comprobar que es superior a la intensidad de cortocircuito anterior.

Para ello, hay que partir de la potencia de cortocircuito máxima posible por la configuración de la red.

La compañía Iberdrola establece esta **potencia en el entronque** realizado en el CT existente, es decir donde comienza la L.SM.T., que es de  $P_{cc} = 350 \text{ MVA}$ , para la **tensión**  $U = 20 \text{ kV}$ , con lo que tendremos una intensidad de cortocircuito de:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} * U}$$

$$I_{cc} = \frac{350000}{\sqrt{3} * 20000} = 10.103 \text{ kA}$$

El tiempo de duración del cortocircuito se establece en 0,5 segundos, que equivale al tiempo de actuación de los elementos de protección, por tanto, el conductor elegido puede soportar la intensidad de cortocircuito que pueda producirse.

$$10.103 \text{ (KA)} < 19.9 \text{ (KA)}$$

Como puedes observar la intensidad de cortocircuito que resulta de las tablas por reglamento es muy superior a la intensidad de cortocircuito real, con lo que queda comprobada la eficiencia del cable contra las corrientes de cortocircuito.

Ahora comprobamos si la densidad de corriente por reglamento resulta abarcar la intensidad de corriente real, para ello:

Despejando de las anteriores expresiones matemáticas, podemos deducir:

$$\delta_{\text{real}} = \frac{I_{cc \text{ real}}}{S}$$

$$\delta_{\text{real}} = \frac{10.103 * 1000}{150} = 67.3575$$

$$67.375 \text{ (A/mm}^2\text{)} < 33 \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

Igualmente, podemos observar como la densidad de corriente por reglamento resulta abarcar la densidad de corriente real.

### 2.12.2. Otras características eléctricas.

#### 2.12.2.1. Capacidad de la línea de transporte.

$$P * L = \frac{U^2}{100 * (R + \text{tg}\varphi)} * \% \Delta U_{\text{máx}}$$

$$P * L = \frac{20^2}{100 * (0.277 + 0.112 * 0.484)} * 5 = 60.385 \text{ (MW.km)}$$

#### 2.12.2.2. Potencia máxima de transporte.

$$P = \frac{P * L}{L}$$

$$P = \frac{60.385}{0.48592354} = 124.2658 \text{ (MW)}$$

#### 2.12.2.3. Intensidad de cortocircuito admisible en las pantallas.

En la siguiente tabla se indican las intensidades admisibles en las pantallas metálicas, en función del tiempo de duración del cortocircuito. Esta tabla pertenece al catálogo de cables de Prysmian Group.

Sección	Duración del cortocircuito, en segundos								
Pantalla	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
10	5300	3880	3250	2620	1990	1720	1560	1450	1370
16	8320	6080	5090	4110	3130	2700	2440	2270	2150
25	12700	9230	7700	6160	4630	3960	3560	3290	3100

**Tabla 2.164: Intensidad de cortocircuito admisible, en amperios, en pantallas constituidas por una corona de alambres de cobre de diámetro interior a 1 mm.**

El cálculo de la corriente de cortocircuito admisible en las pantallas se calcula con la siguiente expresión:

$$I_{cc\text{admisible}}/\text{fase} = \frac{I_{cc\text{real}}}{n^{\circ} \text{ de fases}}$$

$$(I_{cc} \text{ admisible})/\text{fase} = \frac{10.103}{3} = 3.367 \text{ (kA)}$$

De la tabla anterior obtenemos los valores necesarios para poder comparar con corriente de cortocircuito admisible por fase real, calculada recientemente.

Sabemos que la sección de la pantalla es 16 mm<sup>2</sup> y que el tiempo de cortocircuito son 0.5 segundos con lo cual la intensidad admisible que deducimos de la tabla es 4110 (A).

$$3.667 \text{ (kA)} < 4.110 \text{ (kA)}.$$

#### 2.12.2.4. Resumen del resultado de los cálculos eléctricos de la línea.

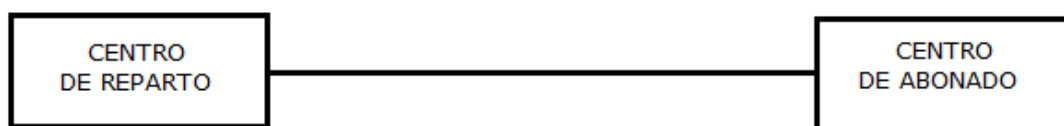
Tipo de conductor	HEPR Z1 12/20 kV (3x150mm <sup>2</sup> ) Al
Intensidad máx. admisible	57.733 (A)
Densidad de corriente $\delta$	67.3575 (A/mm <sup>2</sup> )
Resistencia	0.277 ( $\Omega$ / km)
Reactancia	0.112 ( $\Omega$ / km)
Longitud	485.9234 m
c.d.t.	27.3562 (V)
Porcentaje c.d.t.	0.00679 %
Capacidad de transporte	60.385 (MW.km)
Potencia máxima de transporte	124.2685 (MV)
Intensidad máx admisible de cc	10.103 (KA)

**Tabla 2.165: Características eléctricas de la línea Acometida- Centro de Reparto.**

**CENTRO DE REPARTO – CENTRO DE ABONADO**

**2.13. Características generales de la línea.**

El circuito equivalente de la línea subterránea de Media Tensión **desde** el **Centro de Reparto** **hasta** el **Centro de Abonado** es el siguiente:



La distancia total en metros, desde el Centro de Reparto hasta el Centro de Abonado, es la suma de los distintos tramos continuados:

La **longitud total del tramo** sería:

$$51.84 + 25.51 + 76.31 + 60.57 + 38.856 + 94.833 + 1.2507 = \mathbf{349.17 \text{ m}}$$

Las necesidades de potencia responden a la demanda de los 5 centros de transformación (4 Centros de Transformación + 1 Centro de Mando y Reparto) proyectados de acuerdo con las necesidades del conjunto de viviendas y servicios del residencial.

La Línea Subterránea de Media Tensión tendrá que alimentar a los 5 Centros de Transformación, cada uno con un total de potencia de 2000 kVA.

Nº CT	S ( kVA)
CT1	400
CT2	400
CY3	400
CT4	400
CMR	<b>400</b>

**Tabla 2.166: Potencia aparente de cada uno de los Centros de Transformación.**

El CMR realiza las funciones de maniobra y reparto enlazando la línea de acometida con el anillo de media tensión y el centro de transformación de abonado.

### ***2.13.1 Criterios para la determinación de la sección.***

Para la determinación de la sección de los conductores, es preciso realizar un cálculo en base a las tres consideraciones siguientes:

1. Intensidad máxima admisible por el cable en servicio permanente.
2. Caída de tensión.
3. Intensidad máxima admisible en cortocircuito durante un tiempo determinado.

#### ***2.13.1.1. Criterio de la sección por intensidad máxima admisible.***

La corriente máxima permanente que el cable debe transportar se determinará en función de la potencia a transmitir (400 KVA) y la tensión nominal de la línea (20 KV).

$$I_{\text{máx adm}} = \frac{S \text{ (kVA)}}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{400}{\sqrt{3} * 20}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 11.547 \text{ (A)}$$

La acometida cumple con las condiciones de instalación tipo, es decir una terna de cables unipolares enterrados en toda su longitud en una zanja de un metro de profundidad en terreno de 1,5 k.m/W y temperatura ambiente del terreno de 25°C siendo el único factor de corrección utilizado el de agrupación de cables. El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.53.

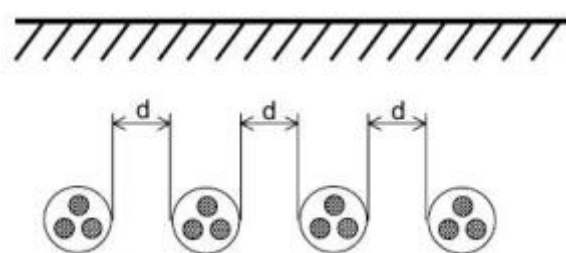
$$I'_{\text{máx}} = \frac{I}{f_c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 5 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{11.547}{0.53} = 21.786 \text{ (A)}$$

Factores de corrección										
Tipo	Separación	Número de ternas de la zanja								
Cables Enterrados		2	3	4	5	6	7	8	9	10
	D=0	0.76	0.65	0.58	0.53	0.50	0.47	0.45	0.43	0.42
	D=0.2 m	0.82	0.73	0.68	0.64	0.61	0.59	0.57	0.56	0.55
	D=0.4 m	0.86	0.78	0.75	0.72	0.70	0.68	0.67	0.66	0.65
	D=0.6 m	0.88	0.82	0.79	0.77	0.76	0.74	0.74	0.73	-
	D=0.8 m	0.90	0.85	0.83	0.81	0.80	0.79	-	-	-
Cables Bajo Tubo		2	3	4	5	6	7	8	9	10
	D=0 m	0.80	0.70	0.64	0.60	0.57	0.54	0.52	0.50	0.49
	D=0.2 m	0.83	0.75	0.70	0.67	0.64	0.62	0.60	0.59	0.58
	D=0.4 m	0.87	0.80	0.77	0.74	0.72	0.71	0.70	0.69	0.58
	D=0.6 m	0.89	0.83	0.81	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	-
	D=0.8 m	0.90	0.86	0.84	0.86	0.81	-	-	-	-

**Tabla 2.158: Factores de corrección para distancias y ternos tripolares.**  
(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)



Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo a estudiar, en este caso el tramo que va desde la Acometida hasta el Centro de Reparto, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.

En las tablas siguientes se indican la sección en función de las intensidades máximas admisibles y los factores de corrección que se deben aplicar, según el número de cables tripolares o de ternas de cables unipolares y la distancia entre ternas o cables tripolares según la ITC – LAT 06 del REBT.



Sección	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	<u>275</u>
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

**Tabla 2.159: Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados hasta 18/30 kV directamente enterrados.**

**(VER TABLA: Tabla 12. (ITC LAT-06). Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV tubo).**

Temperatura del terreno en °C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Escogemos una intensidad admisible de 275 A a la cual le corresponde una sección de 150 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.53 * 275 = 145.75 \text{ A}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

$$f.d.c = \frac{21.786}{145.75} = 0.1494 < 0.85$$

El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto.

- Densidad de corriente:

La densidad de corriente que circulará por el conductor escogido para la L.S.M.T. será de:

$$\delta = \frac{I}{S} = \frac{21.786}{150} = 0.145 \text{ A/mm}^2$$

Siendo S = sección del conductor

#### ***2.13.1.2. Cálculo de la caída de tensión de la línea.***

La caída de tensión por resistencia y reactancia de una línea (despreciando la influencia de la capacidad) la obtenemos con la siguiente fórmula:

$$\Delta U = \sqrt{3} * I * L (R * \cos\varphi + X \sin\varphi)$$

Donde:

$\Delta U$  = caída de tensión del tramo.

L = longitud del tramo en km.

I = intensidad que circula por la línea.

$\cos\varphi = 0.9$ .

$\sin\varphi = 0.43588$

R = resistencia eléctrica del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

X = reactancia inductiva del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

En la siguiente tabla (página siguiente) podemos encontrar los datos de la resistencia y la impedancia:

Sección	Tensión nominal	Resistencia máx.	Reactancia por fase	Capacidad
150	12/20	<b>0.277</b>	<b>0.112</b>	0.368
240		0.169	1.105	0.453
400		0.107	0.098	0.536
50	18/30	0.277	0.121	0.266
240		0.169	0.113	0.338
400		0.107	0.106	0.401

**Tabla 2.169: Características de cables con aislamiento de Etileno Propileno de Alto Módulo (HEPR).**

$$AU = \sqrt{3} * I * L (R * \cos\varphi + X \sin\varphi)$$

$$AU = \sqrt{3} * 21.786 * 0.34912 * (0.277 * 0.9 + 0.112 * 0.43588) = 13.92V$$

La caída de tensión porcentual corresponde al resultado que obtenemos con la siguiente fórmula:

$$AU\% = \frac{AU * 100}{U}$$

$$AU\% = \frac{3.92 * 100}{20000} = 0.019 < 5\%$$

### **2.13.1.3. Criterio de Intensidad máxima admisible en cortocircuito en los conductores.**

En la siguiente tabla se indica la intensidad máxima admisible de cortocircuito en los conductores, en función de los tiempos de duración del cortocircuito.

Tipo	Tensión	Sección	Duración del cortocircuito t en seg								
			0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
HEPR	12/20 18/30	150	44.7	31.9	25.8	<b>19.9</b>	14.1	11.5	9.9	8.8	8.1
		240	71.5	51.1	41.2	31.6	22.5	18.4	15.8	14.1	12.9
		400	119.2	85.2	68.8	53.2	37.61	30.80	26.4	23.6	21.6

**Tabla 2.161: Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores (VER TABLA: Tabla 24. (MT 2.31.06). Densidades máximas de corriente de cortocircuito en los conductores de aluminio, en A/mm<sup>2</sup>, de tensión nominal 12/20. )**

Estas intensidades se han calculado partiendo de la temperatura máxima de servicio de 105 °C y como temperatura final la de cortocircuito > 250 °C. La diferencia entre ambas temperaturas es:

$$\Delta\theta = 250 - 105 = 145 \rightarrow \text{HEPR}$$

$$\Delta\theta = 250 - 90 = 160 \rightarrow \text{XLPE}$$

En el cálculo se ha considerado que todo el calor desprendido durante el proceso es absorbido por los conductores, ya que su masa es muy grande en comparación con la superficie de disipación de calor y la duración del proceso es relativamente corta (proceso adiabático). En estas condiciones:

$$\frac{I}{S} = \frac{K}{\sqrt{t}}$$

$$I_{cc} * \sqrt{t} = K * S$$

$$I_{cc} = \frac{K * S}{\sqrt{t}}$$

Donde:

I = Corriente de cortocircuito, en amperios.

S = Sección del conductor, en mm<sup>2</sup>.

K = Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y final del cortocircuito.

t = Duración del cortocircuito, en segundos.

Si se desea conocer la intensidad máxima de cortocircuito para un valor de t distinto de los tabulados, se aplica la fórmula anterior. K coincide con el valor de intensidad tabulado para t = 1s.

Si interesa conocer la densidad de corriente de cortocircuito correspondiente a un incremento  $\Delta\theta'$  de temperatura distinto del tabulado  $\Delta\theta' = 160$  °C, basta multiplicar el correspondiente valor de la tabla por el factor de corrección:

$$F = \sqrt{(\Delta\theta - \Delta\theta')}$$

Tipo	Tensión	Temperatura	Duración del cortocircuito t en seg								
			0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
HERP	12/20	160	289	213	172	133	94	77	66	59	54

Tabla 2.162: Densidad de corriente del conductor, en A/mm<sup>2</sup>.

(VER TABLA: Tabla 26. (ITC LAT-06). Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm<sup>2</sup>, para conductores de aluminio.)

Tipo	Tensión	Sección	Duración del cortocircuito t en seg								
			0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
HERP	12/20 18/30	150	44.7	31.9	25.8	19.9	14.1	11.5	9.9	8.8	8.1
		240	71.5	51.1	41.2	31.9	22.5	18.4	15.8	14.1	12.9
		400	119.2	85.2	68.8	53.2	37.61	30.8	26.4	23.6	21.6

Tabla 2.163: Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores, en kA

(VER TABLA: Tabla 25 (MT 2.31.06). Intensidades de cortocircuito ademsible en la pantalla de cobre, en kA.)

(Incremento de temperatura 160 θ en °C)

De la tabla anterior vemos que para una duración del cortocircuito de 0,5 segundos, un cable de aislamiento HEPR 150 mm<sup>2</sup>, que soporta una **densidad de corriente** de 133 A/mm<sup>2</sup>, soportará una **intensidad de corriente** de 19.9 kA

La fórmula que nos permite conocer la corriente de cortocircuito es la siguiente, partimos:

$$\delta = \frac{I_{cc}}{S} \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

Tenemos:

$$I_{cc\text{reglamento}} = \delta \text{ reglamento} * S$$

$$I_{cc\text{reglamento}} = 133 * 150 = 19.9 \text{ (kA)}$$

Para comprobar que la sección elegida puede soportar la intensidad de cortocircuito que se pueda presentar, tenemos que comprobar que es superior a la intensidad de cortocircuito anterior.

Para ello, hay que partir de la potencia de cortocircuito máxima posible por la configuración de la red.

La compañía Iberdrola establece esta **potencia en el entronque** realizado en el CT existente, es decir donde comienza la L.SM.T., que es de  $P_{cc} = 350 \text{ MVA}$ , para la **tensión**  $U=20 \text{ kV}$ , con lo que tendremos una intensidad de cortocircuito de:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

$$I_{cc} = \frac{350000}{\sqrt{3} \cdot 20000} = 10.103 \text{ kA}$$

El tiempo de duración del cortocircuito se establece en 0,5 segundos, que equivale al tiempo de actuación de los elementos de protección, por tanto, el conductor elegido puede soportar la intensidad de cortocircuito que pueda producirse.

$$10.103 \text{ (KA)} < 19.9 \text{ (KA)}$$

Como puedes observar la intensidad de cortocircuito que resulta de las tablas por reglamento es muy superior a la intensidad de cortocircuito real, con lo que queda comprobada la eficiencia del cable contra las corrientes de cortocircuito.

### 2.13.2. Otras características eléctricas.

#### 2.13.2.1. Capacidad de la línea de transporte.

$$P \cdot L = \frac{U^2}{100 \cdot (R + \operatorname{tg} \varphi)} \cdot \% \Delta U_{\max}$$

$$P \cdot L = \frac{20^2}{100 \cdot (0.277 + 0.112 \cdot 0.484)} \cdot 5 = 60.385 \text{ (MW.km)}$$

#### 2.13.2.2. Potencia máxima de transporte.

$$P = \frac{P \cdot L}{L}$$

$$P = \frac{60.385}{0.34917} = 172.94 \text{ (MW)}$$

### 2.13.2.3. Intensidad de cortocircuito admisible en las pantallas.

En la siguiente tabla se indican las intensidades admisibles en las pantallas metálicas, en función del tiempo de duración del cortocircuito. Esta tabla pertenece al catálogo de cables de Prysmian Group.

Sección	Duración del cortocircuito, en segundos								
Pantalla	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
10	5300	3880	3250	2620	1990	1720	1560	1450	1370
16	8320	6080	5090	4110	3130	2700	2440	2270	2150
25	12700	9230	7700	6160	4630	3960	3560	3290	3100

**Tabla 2.173: Intensidad de cortocircuito admisible, en amperios, en pantallas constituidas por una corona de alambres de cobre de diámetro interior a 1 mm.**

El cálculo de la corriente de cortocircuito admisible en las pantallas se calcula con la siguiente expresión:

$$I_{cc\text{admisible}}/\text{fase} = \frac{I_{cc\text{real}}}{n^{\circ} \text{ de fases}}$$

$$(I_{cc\text{admisible}})/\text{fase} = \frac{10.103}{3} = 3.367 \text{ (kA)}$$

De la tabla anterior obtenemos los valores necesarios para poder comparar con corriente de cortocircuito admisible por fase real, calculada recientemente.

Sabemos que la sección de la pantalla es 16 mm<sup>2</sup> y que el tiempo de cortocircuito son 0.5 segundos con lo cual la intensidad admisible que deducimos de la tabla es 4110 (A).

$$3.667 \text{ (kA)} < 4.110 \text{ (kA)}.$$

**2.13.2.4. Resumen del resultado de los cálculos eléctricos de la línea.**

Tipo de conductor	HEPR Z1 12/20 kV (3x150mm <sup>2</sup> ) Al
Intensidad máx. admisible	11.547 (A)
Densidad de corriente $\delta$	66.33 (A/mm <sup>2</sup> )
Resistencia	0.277 ( $\Omega$ / km)
Reactancia	0.112 ( $\Omega$ / km)
Longitud	349.42 m
c.d.t.	3.39 (V)
Porcentaje c.d.t.	0.019 %
Capacidad de transporte	60.385 (MW.km)
Potencia máxima de transporte	172.94 (MV)
Intensidad máx admisible de cc	10.103 (KA)

**Tabla 2.174: Características eléctricas de la línea.**



### CÁLCULO DEL ANILLO DE MEDIA TENSIÓN

#### 2.14.1. Potencias conectadas en el ANILLO de MEDIA TENSIÓN (5 CARGAS)

La línea subterránea de media tensión alimentará a los centros de transformación dispuestos en la siguiente configuración en anillo desde el centro de reparto.

Las necesidades de potencia responden a la demanda de los 5 centros de transformación (4 Centros de Transformación + 1 Centro de Mando y Reparto) proyectados de acuerdo con las necesidades del conjunto de viviendas y servicios del residencial.

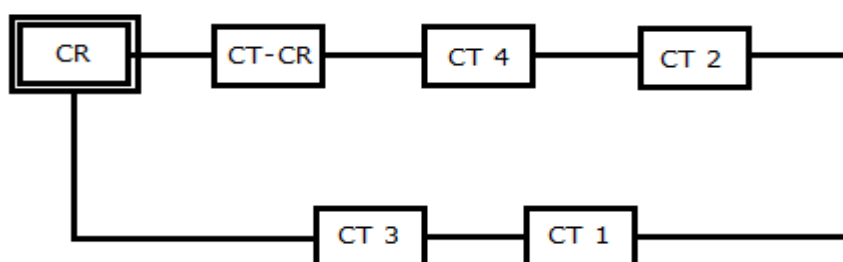
La Línea Subterránea de Media Tensión tendrá que alimentar a los 5 Centros de Transformación, cada uno con una potencia de 2000 kVA.

Nº CT	S ( kVA)
CT1	400
CT2	400
CT3	400
CT4	400
CMR	400

**Tabla 2.175: Potencia aparente de cada uno de los Centros de Transformación.**

El CMR realiza las funciones de maniobra y reparto enlazando la línea de acometida con el anillo de media tensión y el centro de transformación de abonado.

#### ▪ CONFIGURACIÓN DEL ANILLO.



El anillo de media tensión está formado por cinco centros de transformación siendo uno de ellos el centro de reparto.

#### ***2.14.1. Determinación de la sección de conductores.***

Para la determinación de la sección de los conductores, es preciso realizar un cálculo en base a las tres consideraciones siguientes:

1. Intensidad máxima admisible por el cable en servicio permanente.
2. Caída de tensión.
3. Intensidad máxima admisible en cortocircuito durante un tiempo determinado.

##### ***2.14.2.1. Criterio de la sección por intensidad máxima admisible.***

La **longitud total** del anillo de Media Tensión total sería:

$$1 + 88.43 + 341.28 + 221.61 + 216.02 + 178.38 = \mathbf{1055.72 \text{ m}}$$

-Intensidad de corriente:

La corriente máxima permanente que el cable debe transportar se determinará en función de la potencia a transmitir (400 KVA) y la tensión nominal de la línea (20 KV).

$$I_{\text{máx adm}} = \frac{S \text{ (kVA)}}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{400}{\sqrt{3} * 20}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 11.547 \angle -25.84^\circ \text{ (A)} = 10.39 - j5.033 \text{ (A)}$$

Como venimos anunciando, el número total de centros de transformación que alimenta el anillo de Media Tensión son 5, con lo cual tenemos:

$$I_{\text{máx adm total}} = 5 * (10.39 - j5.033) \text{ (A)} = 51.96 - j 25.16 = 57.73 \angle -25.84^\circ \text{ (A)}$$

$$I_{\text{máx adm total}} = 57.73 \angle -25.84^\circ \text{ (A)}$$

La acometida cumple con las condiciones de instalación tipo, es decir una terna de cables unipolares enterrados en toda su longitud en una zanja de un metro de profundidad en terreno de 1,5 k.m/W y temperatura ambiente del terreno de 25°C siendo el único factor de

corrección utilizado el de agrupación de cables. El factor de corrección total será el resultado del producto de cada uno de los factores considerados anteriormente.

En este caso solamente afectaría el factor de corrección por agrupamiento que corresponde al valor de 0.53.

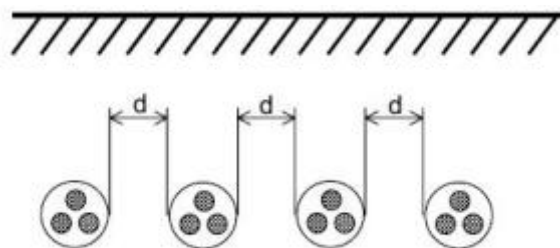
$$I'_{\text{máx}} = \frac{I}{f_c}$$

El factor de agrupamiento corresponde a 5 circuitos agrupados en contacto, seleccionando estos valores por el tramo más repetido de la instalación y el caso más desfavorable.

$$I'_{\text{máx}} = \frac{57.73}{0.53} = 108.92 \text{ (A)}$$

Factores de corrección										
Tipo	Separación	Número de ternas de la zanja								
Cables Enterrados		2	3	4	5	6	7	8	9	10
	D=0 m	0.76	0.65	0.58	0.53	0.50	0.47	0.45	0.43	0.42
	D=0.2 m	0.82	0.73	0.68	0.64	0.61	0.59	0.57	0.56	0.55
	D=0.4 m	0.86	0.78	0.75	0.72	0.70	0.68	0.67	0.66	0.65
	D=0.6 m	0.88	0.82	0.79	0.77	0.76	0.74	0.74	0.73	-
	D=0.8 m	0.90	0.85	0.83	0.81	0.80	0.79	-	-	-
Cables Bajo Tubo		2	3	4	5	6	7	8	9	10
	D=0 m	0.80	0.70	0.64	0.60	0.57	0.54	0.52	0.50	0.49
	D=0.2 m	0.83	0.75	0.70	0.67	0.64	0.62	0.60	0.59	0.58
	D=0.4 m	0.87	0.80	0.77	0.74	0.72	0.71	0.70	0.69	0.58
	D=0.6 m	0.89	0.83	0.81	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	-
	D=0.8 m	0.90	0.86	0.84	0.86	0.81	-	-	-	-

**Tabla 2.158: Factores de corrección para distancias y ternos tripolares.**  
(VER TABLA: Tabla 10. (ITC LAT-06). Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares.)



Una vez calculada la intensidad máxima prevista para que circule por el tramo a estudiar, en este caso el anillo de Media Tensión, podemos seleccionar el cable obteniendo así los parámetros de sección e intensidad de dicho cable.

En las tablas siguientes se indican la sección en función de las intensidades máximas admisibles y los factores de corrección que se deben aplicar, según el número de cables tripolares o de ternas de cables unipolares y la distancia entre ternas o cables tripolares según la ITC – LAT 06 del REBT.

Sección	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	<b>275</b>
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

**Tabla 2.159: Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados hasta 18/30 kV directamente enterrados.**

**(VER TABLA: Tabla 12. (ITC LAT-06). Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV tubo).**

Temperatura del terreno en ° C 25.

Temperatura del aire ambiente en °C 40.

Resistividad térmica del terreno en k.m/W 1.5.

Escogemos una intensidad admisible de 275 A a la cual le corresponde una sección de 150 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{máx adm}} = f_c * I_{\text{adm}}$$

$$I_{\text{máx adm}} = 0.53 * 275 = 145.75 \text{ A}$$

$$145.75 \text{ (A)} > 57.73 \text{ (A)}$$

Por último comprobamos que el factor de carga se encuentra dentro de los límites establecidos.

$$f.d.c. = \frac{I}{I_{\text{máx adm}}}$$

$$f.d.c. = \frac{57.73}{145.75} = 0.39 < 0.85$$

El factor de carga es correcto, con lo cual el conductor seleccionado es el correcto.

- Densidad de corriente:

La densidad de corriente que circulará por el conductor escogido para la L.S.M.T. será de:

$$\delta = \frac{I}{S} = \frac{57.73}{150} = 0.385 \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

Siendo S = sección del conductor

#### ***2.14.2.2. Cálculo de la caída de tensión de la línea.***

La caída de tensión por resistencia y reactancia de una línea (despreciando la influencia de la capacidad) la obtenemos con la siguiente fórmula:

$$AU = \sqrt{3} * I * L (R * \cos\varphi + X \sin\varphi)$$

Donde:

$\Delta U$  = caída de tensión del tramo.

$L$  = longitud del tramo en km.

$I$  = intensidad que circula por la línea.

$\cos\phi = 0.9$ .

$\sin\phi = 0.43588$

$R$  = resistencia eléctrica del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

$X$  = reactancia inductiva del conductor en  $\Omega/\text{km}$ .

En la siguiente tabla podemos encontrar los datos de la resistencia y la impedancia:

Sección	Tensión nominal	Resistencia máx.	Reactancia por fase	Capacidad
150	12/20	<u>0.277</u>	<u>0.112</u>	0.368
240		0.169	1.105	0.453
400		0.107	0.098	0.536
50	18/30	0.277	0.121	0.266
240		0.169	0.113	0.338
400		0.107	0.106	0.401

**Tabla 2.178: Características de cables con aislamiento de Etileno Propileno de Alto Módulo (HEPR).**

Una vez que hemos obtenido la corriente absorbida en cada punto, que en este caso es, podemos calcular el punto de mínima tensión.

#### **Cálculo del punto de mínima tensión:**

Para calcular el punto de mínima tensión se procederá a determinar las corrientes por los extremos  $I_x$  e  $I_y$  a partir de las siguientes expresiones:

$$I_x = \sum I - I_x$$

$$I_y = \frac{(\sum Z^* I)_0}{Z_T}$$

Considerando el Centro de Reparto (CR) como el punto de referencia para el origen de los cálculos se determina las impedancias con respecto al origen usando la siguiente expresión:

$$Z_{CR-CT5} = (R + jX) * L_{CR-CT5} = (0.277 + j0.112) * 0.001 = 2.77 * 10^{-4} + j1.12 * 10^{-4} \\ = 2.9878 * 10^{-4} \angle 22.01^\circ$$

$$Z_{CR-CT4} = (R + jX) * L_{CR-CT4} = (0.277 + j0.112) * 0.09848 = 0.027 + j0.011 = 0.02979 \angle 22.166^\circ$$

$$Z_{CR-CT2} = (R + jX) * L_{CR-CT2} = (0.277 + j0.112) * 0.4396 = 0.122 + j0.0535 = 0.1332 \angle 23.67^\circ$$

$$Z_{CR-CT1} = (R + jX) * L_{CR-CT1} = (0.277 + j0.112) * 0.66137 = 0.187 + j0.074 = 0.197 \angle 22.017^\circ$$

$$Z_{CR-CT3} = (R + jX) * L_{CR-CT3} = (0.277 + j0.112) * 0.87739 = 0.243 + j0.098 = 0.262 \angle 21.96^\circ$$

$$Z_{TOTAL} = (R + jX) * L_{CR-CT-CR} = (0.277 + j0.112) * 1.05577 = 0.2924 + j0.1182 = 0.3153 \angle 22.0105^\circ$$

En las siguientes tablas mostramos el valor de la impedancia por tramos, y el valor de la impedancia desde el origen, respectivamente.

Tramo	Longitud	$Z=(R+jX)*L$
CR-CT5	0.001	$2.77*10^{-4}+j0.1110^{-4}$
CR-CT4	0.08843	$0.027+j0.011$
CR-CT2	0.34128	$0.122+ j0.0535$
CR-CT1	0.22161	$0.187+j0.074$
CR-CT3	0.21602	$0.243+j0.098$
CR-CR	0.17838	$0.2924+j0.1182$

**Tabla 2.179: Valores de impedancia desde el origen.**

Utilizando la expresión anterior y sustituyendo valores calculo el valor de  $I_y$ :

$$I_y = \frac{(\sum Z * I)_0}{Z_T}$$

$$I_y = \frac{Z_{CR-CT5} * I_{CT5} + Z_{CR-CT4} * I_{CT4} + Z_{CR-CT2} * I_{CT2} + Z_{CR-CT1} * I_{CT1} + Z_{CR-CT3} * I_{CT3}}{Z_T}$$

$$I_y =$$

$$(2.9878 * 10^{-4} \angle 22.01^\circ * 11.547 \angle -25.84^\circ) + (0.02979 \angle 22.166^\circ * 11.547 \angle -25.84^\circ) + (0.1332 \angle 23.67^\circ * 11.547 \angle -25.84^\circ) + (0.197 \angle 22.017^\circ * 11.547 \angle -25.84^\circ) + (0.262 \angle 21.96^\circ * 11.547 \angle -25.84^\circ) / 0.3153 \angle 22.0105^\circ$$

$$I_y = (3.45 \cdot 10^{-3} \angle -3.83^\circ) + (0.3439 \angle -3.674^\circ) + (1.5380 \angle -2.17^\circ) + (2.2747 \angle -3.823^\circ) + (3.025 \angle -3.88^\circ) / 0.3153 \angle 22.0105^\circ / 0.3153 \angle 22.0105^\circ$$

$$I_y = (3.45 \cdot 10^{-3} - j2.3044 \cdot 10^{-4}) + (0.3431 - j0.0220) + (1.5368 - j0.058) + (2.2696 - j0.1516) + (3.0180 - j0.20469) = 7.1991 - j2.183851 / 0.3153 \angle 22.0105^\circ = 7.1709 \angle -0.4365 / 0.3153 \angle 22.0105^\circ$$

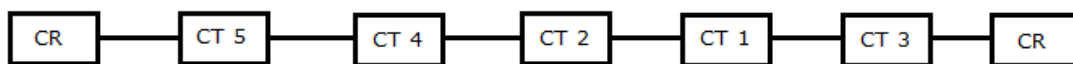
$$I_y = 22.74 \angle -22.447 = 21.017 - j8.682 \text{ (A)}$$

Se procede igual manera para el cálculo de  $I_x$ :

$$I_x = \sum I - I_x$$

$$I_x = (51.96 - j25.16) - (21.017 - j8.682) = 30.913 - j16.478 \text{ (A)}$$

Abrimos el anillo para localizar el punto de mínima tensión obteniendo el siguiente esquema equivalente:



El punto de mínima tensión, en este caso, no se calcula igual que en Baja Tensión, mediante una fórmula que nos permite obtener la distancia exacta a la que se encuentra el punto del Centro de Transformación.



En este caso, en Media Tensión, obtendremos el punto cuando la intensidad de corriente que circula por la rama cambie de signo, para ello, procedemos al cálculo:

$$I_{CR-CT5} = I_X$$

$$I_{CR-CT5} = I_X$$

$$I_{CR-CT5} = 30.913 - j16.478 \text{ (A)}$$

$$I_{CR-CT5} = I_{CT5} + I_{CT5-CT4}$$

$$I_{CT5-CT4} = I_{CR-CT5} - I_{CT5}$$

$$I_{CT5-CT4} = (30.913 - j16.478) - (10.39 - j5.033) = 20.523 - j11.445 \text{ (A)}$$

$$I_{CT5-CT4} = I_{CT4} + I_{CT4-CT2}$$

$$I_{CT4-CT2} = I_{CT5-CT4} - I_{CT4}$$

$$I_{CT4-CT2} = (20.523 - j11.445) - (10.39 - j5.033) = 10.133 - j5.0412 \text{ (A)}$$

$$I_{CT4-CT2} = I_{CT2} + I_{CT2-CT1}$$

$$I_{CT2-CT1} = I_{CT4-CT2} - I_{CT2}$$

$$I_{CT2-CT1} = (10.133 - j5.0412) - (10.39 - j5.033) = -0.257 - j8.2 \cdot 10^{-3} \text{ (A)}$$

$$I_{CT2-CT1} = I_{CT1} + I_{CT1-CT3}$$

$$I_{CT1-CT3} = I_{CT2-CT1} - I_{CT1}$$

$$I_{CT1-CT3} = (-0.257 - j8.2 \cdot 10^{-3}) - (10.39 - j5.033) = -10.133 + j5.2248 \text{ (A)}$$

$$I_{CT1-CR} = I_{CT1} + I_{CT1-CR}$$

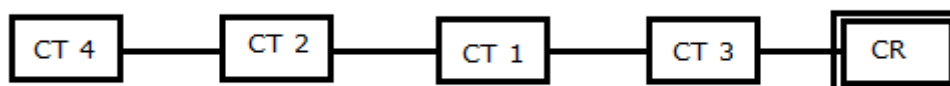
$$I_{CT1-CR} = I_{CT1-CR} - I_{CT1}$$

$$I_{CT1-CR} = (-10.133 + j5.2248) - (10.39 - j5.033) = -20.523 + j0.1918 \text{ (A)}$$

Tramo	Intensidades de corriente
CR-CT5	30.913-j16.478
CT5-CT4	20.523-j11.445
CT4-CT2	<b>10.133-j5.0412</b>
CT2-CT1	-0.257-j8.2.10 <sup>-3</sup>
CT1-CT3	-10.133+j5.2248
CT1-CTR	-20.523+j0.1918

**Tabla 2.180: Intensidad de corriente de los tramos del anillo.**

En el tramo **(CT4-CT2)** se produce un cambio de signo en la forma binómica por lo tanto podemos decir que hemos encontrado el punto de mínima tensión y podemos establecer la apertura de la línea, utilizando por tanto el circuito equivalente representado en la figura siguiente para realizar dicho cálculo:



La expresión que emplearemos para el cálculo de la caída de tensión es:

$$\Delta U = \sqrt{3} * Z * I$$

Se procederá al cálculo de la caída de tensión, dividiendo el anillo en dos tramos, a continuación:

#### 2.14.2.2.1. Tramo 1 del anillo de Media Tensión.



$$\Delta U = \sqrt{3} * [(Z_{CR-CT5} * I_{CR-CT5}) + (Z_{CT5-CT4} * I_{CT5-CT4}) + (Z_{CT4-CT2} * I_{CT4-CT2})] =$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * [(2.77 \cdot 10^{-4} + j0.011 \cdot 10^{-4} * 30.913 - j16.478) + (0.027 + j0.011 * 20.523 - j11.445) + (0.122 + j0.053 * 10.133 - j5.0412)] =$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * [(2.77 \cdot 10^{-4} \angle 0.22^\circ * 35.03 \angle -23.05^\circ) + (0.0291 \angle 2.33^\circ * 20.096 \angle -29.14^\circ) + (0.133 + \angle 23.48^\circ * 11.3177 \angle -26.45^\circ)] =$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * [(9.7033 \cdot 10^{-3} \angle -28.83^\circ) + (0.730 \angle -26.81^\circ) + (1.505 \angle -2.97^\circ)] =$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * [(8.5 \cdot 10^{-3} - j4.679 \cdot 10^{-3}) + (0.6515 - j3.292) + (0.65 - j0.0779)] =$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * [(1.31 - j3.3745)] =$$

La caída de tensión en la rama 1 es la siguiente:

$$\Delta U = \sqrt{3} * [(3.6198 \angle 68.783^\circ)] = 6.2696 \text{ kV.}$$

Ahora calculo la caída de tensión en tanto por ciento con respecto a la tensión en cabeza de línea (20 kV) con la siguiente expresión:

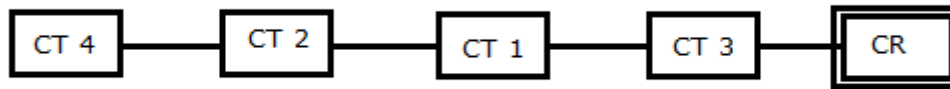
$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U} * 100$$

Siendo:  $U = 20.000 \text{ V}$

Resultando:

$$\Delta U\% = \frac{6.269}{20000} * 100 = 0.031348 < 5\%$$

#### 2.14.2.2.2. Tramo 2 del anillo de Media Tensión.



Ahora empezamos por el extremo contrario, por lo cual, para el cálculo de la corriente por tramo de esta línea se hace a la inversa, se va restando.

$$\Delta U = \sqrt{3} * [(Z_{CR-CT3} * I_{CR-CT3}) + (Z_{CT3-CT1} * I_{CT3-CT1}) + (Z_{CT1-CT2} * I_{CT1-CT2}) + (Z_{CT2-CT4} * I_{CT2-CT4})] =$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * [(0.243 + j0.098 * -20.523 - j0.1918) + (0.187 + j0.074 * -10.133 + j5.5548) + (0.122 + j0.0535 * -0.257 - j8.2. 10^{-3}) + (0.027 + j0.011 * 10.133 - j5.0412)] =$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * [(0.2620 \angle 21.96^\circ * 20.523 \angle 0.5354^\circ) + (0.0201 \angle -28.731^\circ * 11.555 \angle -9.5679^\circ) + (0.133 + \angle 23.67^\circ * 0.2724 \angle 1.8274^\circ) + (0.0291 \angle 22.16^\circ * 11.317 \angle -26.450^\circ)] =$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * [(5.377 \angle 22.4953^\circ) + (0.24266 \angle -38.2989^\circ) + (0.03622 \angle 25.4974^\circ) + (0.32932 \angle -4.29^\circ)] =$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * [(4.967 + j2.057) + (0.190 - j0.150) + (0.0326 + j0.0779)] + 0.3283 - j0.0246 =$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * [(6.51791 + j1.9603)] =$$

La caída de tensión en la rama 1 es la siguiente:

$$\Delta U = \sqrt{3} * [(6.8063 \angle 16.73^\circ)] = 11.7888 \text{ kV.}$$

Ahora calculo la caída de tensión en tanto por ciento con respecto a la tensión en cabeza de línea (20 kV) con la siguiente expresión:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U} * 100$$

Siendo: U = 20.000 V

Resultando:

$$\Delta U\% = \frac{11.788}{20000} * 100 = 0.05894 < 5\%$$

### 2.14.2.2.3. Caídas de tensión del anillo por tramos.

#### Tramo CR-CT5

$$\Delta U_{CR-CT5} = \sqrt{3} * Z_{CR-CT5} * I_{CR}$$

$$\Delta U_{CR-CT5} = \sqrt{3} * (2.77 * 10^{-4} + j0.11.10^{-4} * 30.913 - j16.478)$$

$$\Delta U_{CR-CT5} = \sqrt{3} * (2.77 * 10^{-4} \angle -2.27^\circ * 35.03 \angle -j28.059^\circ)$$

$$\Delta U_{CR-CT5} = \sqrt{3} * (9.70331 * 10^{-3} \angle -30.329^\circ) = 0.0168 \text{ kV}$$

$$\% \Delta U_{CR-CT5} = \frac{0.0168}{U} * 100$$

$$\% \Delta U_{CR-CT5} = \frac{\Delta U_{CR-CT5}}{20000} * 100 = 8.410^{-5}$$

#### Tramo CT5-CT4

$$\Delta U_{CT5-CT4} = \sqrt{3} * Z_{CT5-CT4} * I_{CT5}$$

$$\Delta U_{CT5-CT4} = \sqrt{3} * (0.027 + j0.011 * 20.523 - j11.445)$$

$$\Delta U_{CT5-CT4} = \sqrt{3} * (0.029 \angle 22.16^\circ) * (23.498 \angle -29.146^\circ)$$

$$\Delta U_{CT5-CT4} = \sqrt{3} * (0.6814 \angle 6.986^\circ) = 1.1802 \text{ kV}$$

$$\% \Delta U_{CT5-CT4} = \frac{\Delta U_{CT5-CT4}}{U} * 100$$

$$\% \Delta U_{CT5-CT4} = \frac{\Delta U_{CR-CT5}}{20000} * 100 = 5.9014.10^{-3}$$

#### Tramo CT4-CT2

$$\Delta U_{CT4-CT2} = \sqrt{3} * Z_{CT4-CT2} * I_{CT4}$$

$$\Delta U_{CT4-CT2} = \sqrt{3} * (0.122 + j0.053 * 10.133 - j5.0412)$$

$$\Delta U_{CT4-CT2} = \sqrt{3} * (0.0543 \angle 23.48^\circ) * (11.3177 \angle -26.45^\circ)$$

$$\Delta U_{CT4-CT2} = \sqrt{3} * (0.5998 \angle 6.986^\circ) = 1.038 \text{ kV}$$

$$\% \Delta U_{CT4-CT2} = \frac{\Delta U_{CT4-CT2}}{U} * 100$$

$$\% \Delta U_{CT4-CT2} = \frac{1.038}{20000} * 100 = 5.1947^{-3}$$

#### Tramo CT2-CT1

$$\Delta U_{CT2-CT1} = \sqrt{3} * Z_{CT2-CT1} * I_{CT2}$$

$$\Delta U_{CT2-CT1} = \sqrt{3} * (0.187 + j0.074 * -0.257 - j8.2.10^{-3})$$

$$\Delta U_{CT2-CT1} = \sqrt{3} * (0.2011 \angle -21.589^\circ) * (0.2571 \angle 1.827^\circ)$$

$$\Delta U_{CT2-CT1} = \sqrt{3} * (0.0517 \angle 19.762^\circ) = 0.0895 \text{ kV}$$

$$\% \Delta U_{CT2-CT1} = \frac{\Delta U_{CT4-CT2}}{U} * 100$$

$$\% \Delta U_{CT2-CT1} = \frac{0.0895}{20000} * 100 = 4.47^{-4}$$

#### Tramo CT1-CT3

$$\Delta U_{CT1-CT3} = \sqrt{3} * Z_{CT1-CT3} * I_{CT1}$$

$$\Delta U_{CT1-CT3} = \sqrt{3} * (0.243 + j0.098 * -10.133 + j5.2248)$$

$$\Delta U_{CT1-CT3} = \sqrt{3} * (0.2620 \angle 20.1155^\circ) * (11.400 \angle 27.27^\circ)$$

$$\Delta U_{CT1-CT3} = \sqrt{3} * (2.9868 \angle 47.38^\circ) = 5.1732 \text{ kV}$$

$$\% \Delta U_{CT1-CT3} = \frac{\Delta U_{CT1-CT3}}{U} * 100$$

$$\% \Delta U_{CT1-CT3} = \frac{0.51732}{20000} * 100 = 0.025$$

#### Tramo CT3-CR

$$\Delta U_{CT3-CR} = \sqrt{3} * Z_{CT3-CR} * I_{CT3}$$

$$\Delta U_{CT3-CR} = \sqrt{3} * (0.2924 + j0.1182 * -20.523 + j0.1918)$$

$$\Delta U_{CT2-CT1} = \sqrt{3} * (0.315 \angle 22.01^\circ) * (20.52 \angle 0.535^\circ)$$

$$\Delta U_{CT2-CT1} = \sqrt{3} * (6.4638 \angle 19.762^\circ) = 11.195 \text{ kV}$$

$$\% \Delta U_{CT2-CT1} = \frac{\Delta U_{CT2-CT1}}{U} * 100$$

$$\% \Delta U_{CT2-CT1} = \frac{0.0895}{20000} * 100 = 0.055975$$

En la tabla siguiente, se muestran las diferentes caídas de tensión, así como su porcentaje y su porcentaje acumulado:

Tramo	Longitud	AU	AU acumulado	%AU acumulado
CR-CT5	0.001	0.0168	$2.41 \cdot 10^{-5}$	$2.41 \cdot 10^{-5}$
CT5-CT4	0.08843	1.1802	$5.9014 \cdot 10^{-3}$	$5.925 \cdot 10^{-3}$
CT4-CT2	0.34128	1.038	$5.1947^{-3}$	0.01112
CT2-CT1	0.22161	0.0895	$4.47^{-4}$	0.01156
CT1-CT3	0.21602	5.1732	0.025	0.03656
CT3-CR	0.17838	11.195	0.055975	$0.0925422 < 5\%$

**Tabla 2.181: Caídas de tensión del anillo de Media Tensión.**

#### **2.14.2.3. Criterio de Intensidad máxima admisible en cortocircuito en los conductores.**

En la siguiente tabla se indica la intensidad máxima admisible de cortocircuito en los conductores, en función de los tiempos de duración del cortocircuito.

Tipo	Tensión	Sección	Duración del cortocircuito t en seg								
			0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
HEPR	12/20 18/30	150	44.7	31.9	25.8	19.9	14.1	11.5	9.9	8.8	8.1
		240	71.5	51.1	41.2	31.6	22.5	18.4	15.8	14.1	12.9
		400	119.2	85.2	68.8	53.2	37.61	30.80	26.4	23.6	21.6

**Tabla 2.161: Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores (VER TABLA: Tabla 24. (MT 2.31.06). Densidades máximas de corriente de cortocircuito en los conductores de aluminio, en A/mm<sup>2</sup>, de tensión nominal 12/20. )**

Estas intensidades se han calculado partiendo de la temperatura máxima de servicio de 105 °C y como temperatura final la de cortocircuito > 250 °C. La diferencia entre ambas temperaturas es:

$$\Delta\theta = 250 - 105 = 145 \rightarrow \text{HEPR}$$

$$\Delta\theta = 250 - 90 = 160 \rightarrow \text{XLPE}$$

En el cálculo se ha considerado que todo el calor desprendido durante el proceso es absorbido por los conductores, ya que su masa es muy grande en comparación con la superficie de disipación de calor y la duración del proceso es relativamente corta (proceso adiabático). En estas condiciones:

$$\frac{I}{S} = \frac{K}{\sqrt{t}}$$

$$I_{cc} * \sqrt{t} = K * S$$

$$I_{cc} = \frac{K * S}{\sqrt{t}}$$

Donde:

I = Corriente de cortocircuito, en amperios.

S = Sección del conductor, en mm<sup>2</sup>.

K = Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y final del cortocircuito.

t = Duración del cortocircuito, en segundos.

Si se desea conocer la intensidad máxima de cortocircuito para un valor de t distinto de los tabulados, se aplica la fórmula anterior. Que coincide con el valor de intensidad tabulado para t = 1s.

Si interesa conocer la densidad de corriente de cortocircuito correspondiente a un incremento  $\Delta\theta'$  de temperatura distinto del tabulado  $\Delta\theta' = 160$  °C, basta multiplicar el correspondiente valor de la tabla por el factor de corrección:

$$F = \sqrt{(\Delta\theta - \Delta\theta')}$$

Tipo	Tensión	Temperatura	Duración del cortocircuito t en seg								
			0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
HERP	12/20	160	289	213	172	133	94	77	66	59	54

Tabla 2.162: Densidad de corriente del conductor, en A/mm<sup>2</sup>.

(VER TABLA: Tabla 26. (ITC LAT-06). Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm<sup>2</sup>, para conductores de aluminio.)



Tipo	Tensión	Sección	Duración del cortocircuito t en seg								
			0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
HERP	12/20 18/30	150	44.7	31.9	25.8	19.9	14.1	11.5	9.9	8.8	8.1
		240	71.5	51.1	41.2	31.9	22.5	18.4	15.8	14.1	12.9
		400	119.2	85.2	68.8	53.2	37.61	30.8	26.4	23.6	21.6

**Tabla 2.163: Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores, en kA**

**(VER TABLA: Tabla 25 (MT 2.31.06). Intensidades de cortocircuito admisible en la pantalla de cobre, en kA.)**

**(Incremento de temperatura 160 ° en °C)**

Para comprobar que la sección elegida puede soportar la intensidad de cortocircuito que se pueda presentar, tenemos que comprobar que es superior a la intensidad de cortocircuito anterior.

Para ello, hay que partir de la potencia de cortocircuito máxima posible por la configuración de la red.

La compañía Iberdrola establece esta **potencia en el entronque** realizado en el CT existente, es decir donde comienza la L.S.M.T., que es de  $P_{cc} = 350 \text{ MVA}$ , para la **tensión**  $U=20 \text{ kV}$ , con lo que tendremos una intensidad de cortocircuito de:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

$$I_{cc} = \frac{350000}{\sqrt{3} \cdot 20000} = 10.103 \text{ kA}$$

$$\delta = \frac{I_{cc}}{S} \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

$$\delta = \frac{10000}{150} = 66.67 \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

De la tabla anterior vemos que para una duración del cortocircuito de 0,5 segundos, un cable de aislamiento HEPR 150 mm<sup>2</sup>, que soporta una **densidad de corriente** de 133 A/mm<sup>2</sup>, soportará una **intensidad de corriente** de 19.9 kA

Por lo tanto, al ser la densidad de corriente 66.67 A/mm<sup>2</sup> es soportada por la obtenida de la tabla.

El tiempo de duración del cortocircuito se establece en 0,5 segundos, que equivale al tiempo de actuación de los elementos de protección, por tanto, el conductor elegido puede soportar la intensidad de cortocircuito que pueda producirse.

$$10.103 \text{ (KA)} < 19.9 \text{ (KA)}$$

Como puedes observar la intensidad de cortocircuito que resulta de las tablas por reglamento es muy superior a la intensidad de cortocircuito real, con lo que queda comprobada la eficiencia del cable contra las corrientes de cortocircuito.

### **2.14.3. Otras características eléctricas.**

#### **2.14.3.1. Capacidad de la línea de transporte.**

$$P * L = \frac{U^2}{100 * (R + \operatorname{tg} \varphi)} * \% \Delta U_{\max}$$

$$P * L = \frac{20^2}{100 * (0.277 + 0.112 * 0.484)} * 5 = 60.385 \text{ (MW.km)}$$

#### **2.14.3.2. Potencia máxima de transporte.**

$$P = \frac{P * L}{L}$$

$$P = \frac{60.385}{1.05572} = 57.197 \text{ (kW)}$$

Como hemos calculado al inicio del proyecto, la potencia prevista total en kV es de 1800, por tanto, la línea será válida para soportar el valor de potencia máxima de transporte.

$$5 \text{ CT} \times 400 \text{ kVA} = 2000 \text{ kVA}$$

$$2000 \text{ kVA} \times 0.9 = 1800 \text{ kV} > 57.197 \text{ kV}$$

**2.14.4. Resumen del resultado de los cálculos eléctricos de la línea.**

Tipo de conductor	HEPR Z1 12/20 kV (3x150mm <sup>2</sup> ) Al
Intensidad de corriente $I_y$	$22.74^L - 22.447 = 21.017 - j8.682$
Intensidad de corriente $I_x$	$30.913 - j16.478$
Densidad de corriente $\delta$	66.33 (A/mm <sup>2</sup> )
Resistencia	0.277 ( $\Omega$ / km)
Reactancia	0.112 ( $\Omega$ / km)
Longitud	1055.72 m
c.d.t.	0.055975 (kV)
Porcentaje c.d.t.	0.0925422%
Capacidad de transporte	60.385 (MW.km)
Potencia máxima de transporte	51.197 (kW)
Intensidad máx admisible de cc	10.103 (KA)

**Tabla 2.185: Características eléctricas de la línea.**

**2.14.5. Análisis de las tensiones transferibles al exterior por tuberías, raíles, vallas, conductores de neutro, blindaje de cables, circuitos de señalización y de los puntos especialmente peligrosos y estudio de las formas de eliminación o reducción.**

No procede

## **CENTROS DE TRANSFORMACIÓN**

### **2.15. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PFU-5/20 (CR)**

#### **2.15.1. Intensidad de Media Tensión.**

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} * U_p}$$

Donde:

P: potencia del transformador (kVA)

Up: tensión primaria (kV)

Ip: intensidad primaria (A)

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 20 kV.

Para el único transformador de este Centro de Reparto, la potencia es de 400 kVA en base a una demanda de potencia de 234.04 KVA.

$$I_p = 11,5 \text{ (A)}$$

#### **2.15.2. Intensidad de Baja Tensión.**

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 400 kVA, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío.

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} * U_s}$$

donde:

P: potencia del transformador (kVA)

Us: tensión secundaria (kV)

Is: intensidad secundaria (A)

La intensidad en las salidas de 420 V en vacío puede alcanzar el valor

$$I_s = 549,9 \text{ A.}$$

### **2.15.3. Cortocircuitos.**

#### **2.15.3.1. Observaciones.**

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de MT, valor especificado por la compañía eléctrica.

#### **2.15.3.2. Cálculo de las intensidades de cortocircuito**

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S}{\sqrt{3} * U_p}$$

Donde:

Scc: potencia de cortocircuito de la red (MVA)

Up: tensión de servicio (kV)

Iccp: corriente de cortocircuito (kA)

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 * P}{\sqrt{3} * E_{cc} * U_p}$$

Donde:

P: potencia de transformador (kVA)

Ecc: tensión de cortocircuito del transformador (%)

Us: tensión en el secundario (V)

Iccs: corriente de cortocircuito (kA)

#### **2.15.3.2.1. Cortocircuito en el lado de Media Tensión.**

Utilizando la expresión del cálculo de intensidad de cortocircuito, en el que la potencia de cortocircuito es de 350 MVA y la tensión de servicio 20 kV, la intensidad de cortocircuito es:

$$I_{ccp} = 10,1 \text{ kA}$$

#### ***2.15.3.2.2. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.***

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 400 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío.

La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 420 V en vacío será, según la fórmula de la corriente de cortocircuito en el secundario de un transformador:

$$I_{ccs} = 13,7 \text{ kA}$$

#### ***2.15.4. Selección de fusibles de media y baja tensión.***

Los fusibles de media tensión vienen ya incorporados de fábrica en las respectivas celdas de MT, mientras que los fusibles de baja tensión, serán seleccionados en función de la intensidad nominal a circular por los anillos y la distancia a cubrir por estos, serán del tipo NH gL/gG.

#### ***2.15.5. Dimensionado del embarrado.***

Las celdas fabricadas por ORMAZABAL han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

##### ***2.15.5.1 Comprobación por densidad de corriente.***

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 400 A.

##### ***2.15.5.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.***

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el este mismo capítulo, por lo que:

$$I_{cc(din)} = 25,3 \text{ kA}$$

### ***2.15.5.3 Comprobación por solicitud térmica.***

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$I_{cc(ter)} = 10,1 \text{ kA.}$$

### ***2.15.6. Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.***

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

#### **Transformador:**

La protección en MT de este transformador se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles, siendo éstos los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos.

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida (de tiempos inferiores a los de los interruptores automáticos), ya que su fusión evita incluso el paso del máximo de las corrientes de cortocircuitos por toda la instalación.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el funcionamiento continuado a la intensidad nominal, requerida para esta aplicación.
- No producir disparos durante el arranque en vacío de los transformadores, tiempo en el que la intensidad es muy superior a la nominal y de una duración intermedia.
- No producir disparos cuando se producen corrientes de entre 10 y 20 veces la nominal, siempre que su duración sea inferior a 0,1 s, evitando así que los fenómenos transitorios provoquen interrupciones del suministro.

Sin embargo, los fusibles no constituyen una protección suficiente contra las sobrecargas, que tendrán que ser evitadas incluyendo un relé de protección de transformador, o si no es posible, una protección térmica del transformador.

La intensidad nominal de estos fusibles es de 25 A.

La celda de protección de este transformador no incorpora relé, al considerarse suficiente el empleo de las otras protecciones.

**Termómetro:**

El termómetro verifica que la temperatura del dieléctrico del transformador no supera los valores máximos admisibles.

**Protecciones en BT:**

Las salidas de BT cuentan con fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa salida y un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito correspondiente.

***2.15.7 Dimensionado de los puentes de MT.***

---

Los cables que se utilizan en esta instalación, descritos en la memoria, deberán ser capaces de soportar los parámetros de la red.

**Transformador:**

La intensidad nominal demandada por este transformador es igual a 11,5 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable.

Este valor es de 150 A para un cable de sección de 50 mm<sup>2</sup> de Al según el fabricante.

***2.15.8. Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación.***

---

Se considera de interés la realización de ensayos de homologación de los Centros de Transformación.

El edificio empleado en esta aplicación ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio Labein (Vizcaya - España):

- 97624-1-E, para ventilación de transformador de potencia hasta 1000 kVA
- 960124-CJ-EB-01, para ventilación de transformador de potencia hasta 1600 kVA

***2.15.9. Dimensionado del pozo apagafuegos.***

---

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 600 l de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.



#### ***2.15.10. Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra.***

##### ***2.15.10.1. Investigación de las características del suelo.***

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 150 ( $\Omega.m$ ).

##### ***2.15.10.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.***

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

##### ***2.15.10.3. Diseño preliminar de la instalación de tierra.***

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

#### 2.15.10.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio:  $U_r = 20$  (kV).

Puesta a tierra del neutro:

- Limitación de la intensidad a tierra  $I_{dm} = 500$  (A).

Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:

- $V_{bt} = 10000$  (V).

Características del terreno:

- Resistencia de tierra  $R_o = 150$  ( $\Omega \cdot m$ ).
- Resistencia del hormigón  $R'o = 3000$  ( $\Omega$ ).

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

$$I_d * R_t \leq V_{bt}$$

Donde:

$I_d$ : intensidad de falta a tierra (A).

$R_t$ : resistencia total de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

$V_{bt}$ : tensión de aislamiento en baja tensión (V).

$$I_d = I_{dm}$$

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

Donde:

$I_{dm}$ : limitación de la intensidad de falta a tierra (A).

$I_d$ : intensidad de falta a tierra (A).

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

$I_d = 500$  (A).

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

$R_t = 20$  ( $\Omega$ ).

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una  $K_r$  más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_o}$$

Donde:

$R_t$ : resistencia total de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

$R_0$ : resistividad del terreno en ( $\Omega.m$ ).

$K_r$ : coeficiente del electrodo.

- Centro de Transformación

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

$$K_r \leq 0,1333$$

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

Configuración seleccionada	70/25/5/42
Geometría del sistema	Anillo rectangular
Distancia de la red	7.0x2.5 m
Profundidad del electrodo horizontal	0,5 m
Número de picas.	Cuatro
Longitud de picas.	2 metros

Parámetros característicos del electrodo:

Resistencia $K_r$	0.084
Tensión de paso $K_p$	0.0186
Tensión de contacto $K_c$	0.0409

### **Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto:**

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.
- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r * R_0$$

Donde:

Kr: coeficiente del electrodo

Ro: resistividad del terreno en ( $\Omega \cdot m$ ).

R't: resistencia total de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

por lo que para el Centro de Transformación:  $R't = 12,6(\Omega)$  y la intensidad de defecto real, tal y como indica la fórmula:

$$I'd = 500 \text{ A}$$

#### ***2.15.10.5. Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación***

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior en los edificios de maniobra interior, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V_d' = R_t' * R_t'$$

Donde:

R't: resistencia total de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

I'd: intensidad de defecto (A).

V'd: tensión de defecto (V).

por lo que en el Centro de Transformación:

$$V'd = 6300 \text{ (V)}$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V_c' = K_c * R_0 * I'd$$

Donde:

Kc : coeficiente

Ro: resistividad del terreno en ( $\Omega \cdot m$ )

I'd: intensidad de defecto (A)

V'c: tensión de paso en el acceso (V)

por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

$$V'c = 3067,5 \text{ (V)}$$

#### **2.15.10.6. Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.**

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p' = K_p' * R_0 * I'd$$

Donde:

$K_p$ : coeficiente.

$R_0$ : resistividad del terreno en ( $\Omega \cdot m$ )

$I'd$ : intensidad de defecto (A)

$V_p'$ : tensión de paso en el exterior (V)

por lo que, para este caso:

$V_p' = 1395$  V en el Centro de Transformación.

#### **2.15.10.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.**

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a:

7.  $t = 0,7$  seg

8.  $K = 72$

9.  $n = 1$

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p = \frac{10 * k}{t^n} * \left( 1 + \frac{6 * R_0}{1000} \right)$$

Donde:

$K$ : coeficiente.

$t$ : tiempo total de duración de la falta (s)

$n$ : coeficiente

$R_0$ : resistividad del terreno en ( $\Omega \cdot m$ )

$V_p$ : tensión admisible de paso en el exterior (V)

por lo que, para este caso:

$V_p = 1954,29$ (V).

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$V_{p(acc)} = \frac{10 * k}{t^n} * \left( 1 + \frac{3 * R_0 + 3 * R_0'}{1000} \right)$$

Donde:

$K$ : coeficiente

t: tiempo total de duración de la falta (s)

n: coeficiente

$R_o$ : resistividad del terreno en ( $\Omega \cdot m$ )

$R'_o$ : resistividad del hormigón en ( $\Omega \cdot m$ )

$V_p(\text{acc})$ : tensión admisible de paso en el acceso (V)

por lo que, para este caso:

$$V_p(\text{acc}) = 10748,57 \text{ (V)}$$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$V'_p = 1395 \text{ (V)} < V_p = 1954,29 \text{ (V)}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$V'_p(\text{acc}) = 3067,5 \text{ (V)} < V_p(\text{acc}) = 10748,57 \text{ (V)}$$

Tensión de defecto:

$$V'_d = 6300 \text{ (V)} < V_{bt} = 10000 \text{ (V)}$$

Intensidad de defecto:

$$I_a = 50 \text{ (A)} < I_d = 500 \text{ (A)} < I_{dm} = 500 \text{ (A)}$$

#### ***2.15.10.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.***

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000 V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000 V indicados.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{R_o * I'_d}{2000 * n}$$

Donde:

$R_o$  resistividad del terreno en ( $\Omega \cdot m$ )

$I'_d$  intensidad de defecto (A)

D distancia mínima de separación (m)

Para este Centro de Transformación:

$$D = 11,94 \text{ m.}$$

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

Identificación	8/22
Geometría	Picas alineadas
Distancia de la red	7.0x2.5 m
Profundidad del electrodo horizontal	0,8 m
Número de picas.	Dos
Longitud de picas.	2 metros

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

$$10. K_r = 0,194.$$

$$11. K_c = 0,0253.$$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 (V) cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 (mA). Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37 ( $\Omega$ ).

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,194 \cdot 150 = 29,1 < 3737 (\Omega).$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

#### ***2.15.10.9. Corrección y ajuste del diseño inicial.***

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de "K<sub>r</sub>" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

## CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

### 2.16. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN mini-BLOK (24).

#### 2.16.1. Intensidad de Media Tensión.

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} * U_p}$$

donde:

P: potencia del transformador (kVA)

Up: tensión primaria (kV)

Ip: intensidad primaria (A)

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 20 kV.

CT	Demanda Potencia	Potencia mini-BLOK
1	356.561 (kVA)	400 (kVA)
2	396.26 (kVA)	400 (kVA)
3	254.6 (kVA)	400 (kVA)
4	210.34 (kVA)	400 (kVA)

Para el único transformador de este Centro de Reparto, la potencia es de 400 (kVA.)

$$I_p = 11,5 \text{ (A)}$$

#### 2.16.2. Intensidad de Baja Tensión.

Para un transformador, la potencia es de 400 kVA, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío.

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} * U_s}$$



Donde:

P: potencia del transformador (kVA)

Us: tensión secundaria (kV)

Is: intensidad secundaria (A)

La intensidad en las salidas de 420 V en vacío puede alcanzar el valor:

$$I_s = 549,9 \text{ A.}$$

### **2.16.3. Cortocircuitos.**

#### **2.16.3.1. Observaciones.**

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de MT, valor especificado por la compañía eléctrica.

#### **2.16.3.2. Cálculo de las intensidades de cortocircuito**

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S}{\sqrt{3} * U_p}$$

Donde:

Scc: potencia de cortocircuito de la red (MVA)

Up: tensión de servicio (kV)

Iccp: corriente de cortocircuito (kA)

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 * P}{\sqrt{3} * E_{cc} * U_p}$$

Donde:

P: potencia de transformador (kVA)

Ecc: tensión de cortocircuito del transformador (%)

Us: tensión en el secundario (V)

Iccs: corriente de cortocircuito (kA)

#### ***2.16.3.2.1. Cortocircuito en el lado de Media Tensión.***

---

Utilizando la expresión del cálculo de intensidad de cortocircuito, en el que la potencia de cortocircuito es de 350 MVA y la tensión de servicio 20 kV, la intensidad de cortocircuito es:

$$I_{ccp} = 10,1 \text{ kA}$$

#### ***2.16.3.2.2. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.***

---

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 400 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío. La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 420 V en vacío será, según la fórmula de la corriente de cortocircuito en el secundario de un transformador:

$$I_{ccs} = 13,7 \text{ kA}$$

#### ***2.16.4. Dimensionado del embarrado.***

---

Las celdas fabricadas por ORMAZABAL han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

##### ***2.16.4.1. Comprobación por densidad de corriente.***

---

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 400 A.

##### ***2.16.4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.***

---

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el este mismo capítulo, por lo que:

$$I_{cc(din)} = 25,3 \text{ kA}$$

#### ***2.16.4.3. Comprobación por solicitud térmica.***

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$I_{cc(ter)} = 10,1 \text{ kA.}$$

#### ***2.16.5. Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.***

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

##### **Transformador:**

La protección en MT de este transformador se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles, siendo éstos los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos.

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida (de tiempos inferiores a los de los interruptores automáticos), ya que su fusión evita incluso el paso del máximo de las corrientes de cortocircuitos por toda la instalación.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el funcionamiento continuado a la intensidad nominal, requerida para esta aplicación.
- No producir disparos durante el arranque en vacío de los transformadores, tiempo en el que la intensidad es muy superior a la nominal y de una duración intermedia.
- No producir disparos cuando se producen corrientes de entre 10 y 20 veces la nominal, siempre que su duración sea inferior a 0,1 s, evitando así que los fenómenos transitorios provoquen interrupciones del suministro.

Sin embargo, los fusibles no constituyen una protección suficiente contra las sobrecargas, que tendrán que ser evitadas incluyendo un relé de protección de transformador, o si no es posible, una protección térmica del transformador.

La intensidad nominal de estos fusibles es de 25 A.

La celda de protección de este transformador no incorpora relé, al considerarse suficiente el empleo de las otras protecciones.

**Termómetro:**

El termómetro verifica que la temperatura del dieléctrico del transformador no supera los valores máximos admisibles.

**Protecciones en BT:**

Las salidas de BT cuentan con fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa salida y un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito correspondiente.

**2.16.6. Dimensionado de los puentes de MT.**

Los cables que se utilizan en esta instalación, descritos en la memoria, deberán ser capaces de soportar los parámetros de la red.

**Transformador:**

La intensidad nominal demandada por este transformador es igual a 11,5 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable.

Este valor es de 150 A para un cable de sección de 50 mm<sup>2</sup> de Al según el fabricante.

***2.16.7. Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación.***

---

Se considera de interés la realización de ensayos de homologación de los Centros de Transformación.

El edificio empleado en esta aplicación ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio Labein (Vizcaya - España):

- 97624-1-E, para ventilación de transformador de potencia hasta 1000 kVA
- 960124-CJ-EB-01, para ventilación de transformador de potencia hasta 1600 kVA

***2.16.8. Dimensionado del pozo apagafuegos.***

---

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 600 l de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.

### ***2.16.9. Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra.***

#### ***2.16.9.1. Investigación de las características del suelo.***

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 150 ( $\Omega \cdot m$ ).

#### ***2.16.9.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.***

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

#### ***2.16.9.3. Diseño preliminar de la instalación de tierra.***

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de

puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

#### ***2.16.9.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.***

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio:  $U_r = 20$  (kV).

Puesta a tierra del neutro:

- Limitación de la intensidad a tierra  $I_{dm} = 500$  (A).

Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:

- $V_{bt} = 10000$  (V).

Características del terreno:

- Resistencia de tierra  $R_o = 150$  ( $\Omega \cdot m$ ).
- Resistencia del hormigón  $R'o = 3000$  ( $\Omega$ ).

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

$$I_d * R_t \leq V_{bt}$$

Donde:

$I_d$ : intensidad de falta a tierra (A).

$R_t$ : resistencia total de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

$V_{bt}$ : tensión de aislamiento en baja tensión (V).

$$I_d = I_{dm}$$

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

Donde:

$I_{dm}$ : limitación de la intensidad de falta a tierra (A).

$I_d$ : intensidad de falta a tierra (A).

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

$$I_d = 500 \text{ (A)}.$$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

$$R_t = 20 \text{ (}\Omega\text{)}.$$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una  $K_r$  más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_0}$$

donde:

$R_t$ : resistencia total de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

$R_0$ : resistividad del terreno en ( $\Omega \cdot m$ ).

$K_r$ : coeficiente del electrodo.

- Centro de Transformación

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

$$K_r \leq 0,1333$$

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

Configuración seleccionada	30-30/5/42
Geometría del sistema	Anillo rectangular
Distancia de la red	3.0x3.0 m
Profundidad del electrodo horizontal	0,5 m
Número de picas.	Cuatro
Longitud de picas.	2 metros

Parámetros característicos del electrodo:

Resistencia $K_r$	0.11
Tensión de paso $K_p$	0.0258
Tensión de contacto $K_c$	0.0563

#### **Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto:**

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.

- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.
- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r * R_0$$

Donde:

K<sub>r</sub>: coeficiente del electrodo

R<sub>0</sub>: resistividad del terreno en (Ω.m).

R'<sub>t</sub>: resistencia total de puesta a tierra (Ω).

por lo que para el Centro de Transformación: R'<sub>t</sub> = 12,6(Ω) y la intensidad de defecto real, tal y como indica la fórmula:

$$I'd = 500 \text{ (A)}$$

#### ***2.16.9.5. Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación.***

En los edificios de maniobra exterior no existen posibles tensiones de paso en el interior ya que no se puede acceder al interior de los mismos.

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior en los edificios de maniobra interior, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V_d' = R_t' * I'd$$

Donde:

R'<sub>t</sub>: resistencia total de puesta a tierra (Ω).

I'd: intensidad de defecto (A).

V'd: tensión de defecto (V).

por lo que en el Centro de Transformación:

$$V'd = 82500 \text{ (V)}$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V_c' = K_c * R_0 * I'd$$



Donde:

$K_c$  : coeficiente

$R_o$ : resistividad del terreno en ( $\Omega \cdot m$ )

$I'd$ : intensidad de defecto (A)

$V'c$ : tensión de paso en el acceso (V)

por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

$$V'c = 4222,5 \text{ (V)}$$

#### ***2.16.9.6. Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.***

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p' = K_p' * R_o * I'd$$

Donde:

$K_p$ : coeficiente.

$R_o$ : resistividad del terreno en ( $\Omega \cdot m$ )

$I'd$ : intensidad de defecto (A)

$V'p$ : tensión de paso en el exterior (V)

por lo que, para este caso:

$V'p = 1935 \text{ V}$  en el Centro de Transformación.

#### ***2.16.9.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.***

Centro de Transformación

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a:

14.  $t = 0,7 \text{ seg}$

15.  $K = 72$

16.  $n = 1$

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p = \frac{10 * k}{t^n} * \left(1 + \frac{6 * R_o}{1000}\right)$$

Donde:

$K$ : coeficiente.

t: tiempo total de duración de la falta (s)

n: coeficiente

Ro: resistividad del terreno en ( $\Omega \cdot m$ )

Vp : tensión admisible de paso en el exterior (V)

por lo que, para este caso:

$$V_p = 1954,29(V).$$

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$V_{p(acc)} = \frac{10 * k}{t^n} * \left( 1 + \frac{3 * R_0 + 3 * R_0'}{1000} \right)$$

Donde:

K: coeficiente

t: tiempo total de duración de la falta (s)

n: coeficiente

Ro: resistividad del terreno en ( $\Omega \cdot m$ )

R'o: resistividad del hormigón en ( $\Omega \cdot m$ )

Vp(acc): tensión admisible de paso en el acceso (V)

por lo que, para este caso:

$$V_{p(acc)} = 10748,57 (V)$$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$V'_p = 1935 (V) < V_p = 1954,29 (V)$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$V'_{p(acc)} = 4222,5 (V) < V_{p(acc)} = 10748,57 (V)$$

Tensión de defecto:

$$V'_d = 8250 (V) < V_{bt} = 10000 (V)$$

Intensidad de defecto:

$$I_a = 50 (A) < I_d = 500 (A) < I_{dm} = 500 (A)$$

#### **2.16.9.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.**

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación

entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000 V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000 V indicados.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{R_0 * I_d'}{2000 * \pi}$$

donde:

Ro resistividad del terreno en ( $\Omega \cdot m$ )

I'd intensidad de defecto (A)

D distancia mínima de separación (m)

Para este Centro de Transformación:

$$D = 11,94 \text{ m.}$$

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

Identificación	8/22
Geometría	Picas alineadas
Distancia de la red	7.0x2.5 m
Profundidad del electrodo horizontal	0,8 m
Número de picas.	Dos
Longitud de picas.	2 metros

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

$$10. K_r = 0,194.$$

$$11. K_c = 0,0253.$$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 (V) cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 (mA). Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37 ( $\Omega$ ).

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,194 \cdot 150 = 29,1 < 37 (\Omega).$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

#### ***2.16.9.9. Corrección y ajuste del diseño inicial.***

---

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de "Kr" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

***Estudio Básico de  
Seguridad y Salud.***

**ÍNDICE DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.**

**3. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.--...4**

**3.1. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LINEAS DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN.--... 4**

**3.1.1. Objeto.--....4**

**3.1.2. Campo de aplicación.--...4**

**3.1.3. Normativa aplicable.--... 5**

**3.1.3.1 Normas oficiales.--... 5**

**3.1.3.2 Normas Iberdrola.--... 5**

**3.1.4. Metodología y desarrollo del estudio.--...6**

**3.1.4.1. Aspectos generales.--... 6**

**3.1.4.2. Identificación de riesgos.--...6**

**3.1.4.3. Medidas de prevención necesarias para evitar riesgos.--...6**

**3.1.4.4. Protecciones.--... 7**

**3.1.4.5. Características generales de la obra. --...8**

**3.1.5. Identificación de riesgos.--8**

**3.1.5.1. Riesgos más frecuentes en las obras de construcción.--8**

**3.1.5.2. Medidas preventivas de carácter general.--...10**

**3.1.5.3. Medidas preventivas de carácter particular para cada oficio.--12**

**3.1.5.3.1. Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.--...12**

**3.1.5.3.2. Relleno de tierras.--...13**

**3.1.5.3.3. Encofrados.--...14**

**3.1.5.3.4. Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.--  
...14**

**3.1.5.3.5. Trabajos de manipulación del hormigón.--...14**

**3.1.5.3.6. Instalación eléctrica provisional de obra.--...15**

**3.1.5.4. Medidas preventivas paa línea subterránea de media y  
baja tensión.--...17**

**3.1.5.4.1. Transporte y acopio de materiales.--...18**

**3.1.5.4.2. Movimiento de tierras, apertura de zanjas y reposición  
pavimento.--...19**

**3.1.5.4.3. Cercanía a las líneas de Alta y Media Tensión.--...20**

**3.1.5.4.4. Tendido, empalme y terminales de conductores  
subterráneos.--...21**

**3.1.5.4.5. Riesgos laborales no eliminables completamente.--  
...21**

**3.1.6. Conclusión.--... 23**

**3.1.7 Anexos. --...23**

**ANEXO 1. PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE LAS  
INSTALACIONES. --... 24**

**ANEXO 2. LÍNEAS SUBTERRÁNEAS. --... 25**

**ANEXO 3. INSTALACIÓN/RETIRADA DE EQUIPOS DE MEDIDA EN  
BAJA TENSIÓN/ SIN TENSIÓN. --... 27**

**ANEXO 4. INSTALACIONES DE TELECOMUNICACIONES  
ASOCIADAS A LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS  
SUBTERRÁNEAS. --...29**

**ANEXO 5. TRABAJOS EN TENSIÓN. --... 31**

---

**3.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD PARA CENTROS DE  
TRANSFORMACIÓN COMPACTOS Y PREFABRICADOS. --...39**

---

**3.2.1. Objeto. --... 39**

**3.2.2. Características de la obra. --...39**

**3.2.2.1 Suministro de energía eléctrica. --...39**

---

---

<b>3.2.2.2. Suministro de agua potable. ---</b>	<b>40</b>
<b>3.2.2.3. Vertido de aguas sucias de los servicios higiénicos. ---</b>	<b>40</b>
<b>3.2.2.4 Interferencias y servicios afectados. ---</b>	<b>40</b>
<b>3.2.3 Memoria. ---</b>	<b>40</b>
<b>3.2.3.1. Obra civil. ---</b>	<b>40</b>
<b>3.2.3.1 1. Movimientos de tierras y cimentaciones. ---</b>	<b>41</b>
<b>3.2.3.1.2. Estructura. ---</b>	<b>41</b>
<b>3.2.3.1.3. Cerramientos. ---</b>	<b>42</b>
<b>3.2.3.1.4. Albañilería. ---</b>	<b>43</b>
<b>3.2.3.2. Montaje. --</b>	<b>43</b>
<b>3.2.3.2.1. Colocación de soportes y embarrado. ---</b>	<b>44</b>
<b>3.2.3.2.2. Montaje de celdas prefabricadas o apartamento, transformadores prefabricados o apartamento. ---</b>	<b>44</b>
<b>3.2.3.2.3. Operaciones de puesta en tensión. ---</b>	<b>45</b>
<b>3.2.4. Aspectos generales. ---</b>	<b>46</b>
<b>3.2.4.1. Botiquín de obra. ---</b>	<b>46</b>
<b>3.2.5. Normativa aplicable. ---</b>	<b>46</b>
<b>3.2.5.1. Normas oficiales. ---</b>	<b>46</b>
<b>3.2.6. Anexos. ---</b>	<b>46</b>
<b>ANEXO 1. PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE LAS INSTALACIONES. ---</b>	<b>47</b>
<b>ANEXO 2. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN. ---</b>	<b>48</b>
<b>ANEXO 2. BIS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN. ---</b>	<b>50</b>
<b>ANEXO 3. SUBESTACIONES TRANSFORMADORAS DE DISTRIBUCIÓN. ---</b>	<b>52</b>
<b>ANEXO 4. TRABAJOS EN TENSIÓN. ---</b>	<b>54</b>

---



### **3. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.**

#### **3.1. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LÍNEAS DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN.**

##### **3.1.1. Objeto.**

El objeto de este estudio es dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los posibles riesgos laborales que puedan ser evitados, identificando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

Así mismo este Estudio Seguridad y Salud da cumplimiento a la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales en lo referente a la obligación del empresario titular de un centro de trabajo de informar y dar instrucciones adecuadas, en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y las medidas de protección y prevención correspondientes.

Este estudio servirá de base para que el técnico designado por la empresa adjudicataria de la obra pueda realizar el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en este estudio, en función de su propio sistema de ejecución de la obra, así como la propuesta de medidas alternativas de prevención, con la correspondiente justificación técnica y sin que ello implique disminución de los niveles de protección previstos y ajustándose en todo caso a lo indicado al respecto en el artículo 7 del Real Decreto 1627/97 sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

##### **3.1.2. Campo de aplicación.**

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud es de aplicación en las obras de construcción de "Líneas Subterráneas, que se realizan dentro del Negocio de Distribución de Iberdrola (NEDIS).

### **3.1.3. Normativa aplicable.**

#### **3.1.3.1. Normas oficiales.**

- La relación de normativa que a continuación se presenta no pretende ser exhaustiva, se trata únicamente de recoger la normativa legal vigente en el momento de la edición de este documento, que sea de aplicación y del mayor interés para la realización de los trabajos objeto del contrato al que se adjunta este Estudio Básico de Seguridad y Salud.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborables.
- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero por el que se aprueba el nuevo Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC LAT 01 a 09.
- Decreto 2413/1973 del 20 de setiembre. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y las Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Ley 8/1980 de 20 de marzo. Estatuto de los Trabajadores.
- Real Decreto 3275/1982 Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, y las Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto Legislativo 1/1994, de 20 de junio. Texto Refundido de la Ley General de la Seguridad Social.
- Real Decreto 39/1995, de 17 de enero. Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 485/1997 .en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997 relativo a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso-lumbares, para los trabajadores
- Real Decreto 773/1997 relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997 relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 1627/1997, de octubre. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
  
- Cualquier otra disposición sobre la materia actualmente en vigor o que se promulgue durante la vigencia de este documento.

#### **3.1.3.2. Normas Iberdrola.**

- Prescripciones de Seguridad para trabajos mecánicos y diversos de AMYS.
- Prescripciones de Seguridad para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas AMYS.
- MO-NEDIS 7.02 "Plan Básico de Prevención de Riesgos para Empresas Contratistas".

- Normas y Manuales Técnicos de Iberdrola que puedan afectar a las actividades desarrolladas por el contratista, cuya relación se adjuntará a la petición de oferta.

#### ***3.1.4. Metodología y desarrollo del estudio.***

##### ***3.1.4.1. Aspectos generales.***

---

El Contratista acreditará ante la Dirección Facultativa de la obra, la adecuada formación y adiestramiento de todo el personal de la obra en materia de Prevención y Primeros Auxilios. Así mismo, la Dirección Facultativa, comprobará que existe un plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente y que han sido contratados los servicios asistenciales adecuados. La dirección y teléfonos de estos servicios deberá ser colocada de forma visible en lugares estratégicos de la obra.

Antes de comenzar la jornada, los mandos procederán a planificar los trabajos de acuerdo con el plan establecido, informando a todos los operarios claramente las maniobras a realizar, los posibles riesgos existentes y las medidas preventivas y de protección a tener en cuenta. Deben cerciorarse de que todos lo han entendido.

##### ***3.1.4.2. Identificación de riesgos.***

---

En función de las tareas a realizar y de las distintas fases de trabajos de que se compone la obra, aparecen una serie de riesgos asociados ante los cuales se deberá adoptar unas medidas preventivas. A continuación se enumeran las distintas fases, o tareas significativas de la obra, que en el punto 5, Identificación y prevención de riesgos, serán descritas detalladamente.

##### ***3.1.4.3. Medidas de prevención necesarias para evitar riesgos.***

---

En los Anexos se incluyen, junto con las medidas de protección, las acciones tendentes a evitar o disminuir los riesgos en los trabajos, además de las que con carácter general se recogen a continuación:

- Protecciones y medidas preventivas colectivas, según normativa vigente relativa a equipos y medios de seguridad colectiva.
- Prohibir la permanencia de personal en la proximidad de las máquinas en movimiento.
- Prohibir la entrada a la obra a todo el personal ajeno.
- Establecer zonas de paso y acceso a la obra.
- Balizar, señalizar y vallar el perímetro de la obra, así como puntos singulares en el interior de la misma.
- Establecer un mantenimiento correcto de la maquinaria.

- Controlar que la carga de los camiones no sobrepase los límites establecidos y reglamentarios.
- Utilizar andamios y plataformas de trabajo adecuados.
- Evitar pasar o trabajar debajo de la vertical de otros trabajos.

#### **3.1.4.4. Protecciones.**

- **Ropa de trabajo:**

- Ropa de trabajo, adecuada a la tarea a realizar por los trabajadores del contratista.

- **Equipos de protección:**

- Se relacionan a continuación los equipos de protección individual y colectiva de uso más frecuente en los trabajos que desarrollan para Iberdrola. El Contratista deberá seleccionar aquellos que sean necesarios según el tipo de trabajo.

- Equipos de protección individual (EPI), de acuerdo con las normas UNE EN

- Calzado de seguridad

- Casco de seguridad

- Guantes aislantes de la electricidad BT y AT

- Guantes de protección mecánica

- Pantalla contra proyecciones

- Gafas de seguridad

- Cinturón de seguridad

- Discriminador de baja tensión

- Protecciones colectivas

- Señalización: cintas, banderolas, etc.

- Cualquier tipo de protección colectiva que se pueda requerir en el trabajo a realizar.

- **Equipo de primeros auxilios:**

- Botiquín con los medios necesarios para realizar curas de urgencia en caso de accidente. Ubicado en el vestuario u oficina, a cargo de una persona capacitada designada por la Empresa Contratista.

- **Equipo de protección contra incendios:**

- Extintores de polvo seco clase A, B, C.

#### ***3.1.4.5. Características generales de la obra.***

---

En este punto se analizan con carácter general, independientemente del tipo de obra, las diferentes servidumbres o servicios que se deben tener perfectamente definidas y solucionadas antes del comienzo de las obras.

##### **A- DESCRIPCIÓN DE LA OBRA Y SITUACIÓN.**

La situación de la obra a realizar y el tipo de la misma se recogen en el Documento nº 1 Memoria del presente proyecto.

Se deberán tener en cuenta las dificultades que pudieran existir en los accesos, estableciendo los medios de transporte y traslado más adecuados a la orografía del terreno.

##### **B- SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**

No se hace necesario por la característica de la obra.

##### **C- SUMINISTRO DE AGUA POTABLE.**

No se hace necesario por la característica de la obra.

##### **D- SERVICIOS HIGIÉNICOS.**

No se prevé.

##### **E-PREVISIONES E INFORMACIONES ÚTILES PARA TRABAJOS POSTERIORES.**

Entre otras se deberá disponer de:

- Instrucciones de operación normal y de emergencia
- Señalización clara de mandos de operación y emergencia
- Dispositivos de protección personal y colectiva para trabajos posteriores de mantenimiento
- Equipos de rescate y auxilio para casos necesarios

#### ***3.1.5. Identificación de riesgos.***

##### ***3.1.5.1. Riesgos más frecuentes en las obras de construcción.***

---

- Los Oficios más comunes en las obras de construcción son los siguientes:
  - Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.
  - Relleno de tierras.
  - Encofrados.
  - Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.
  - Trabajos de manipulación del hormigón.

- Montaje de estructura metálica
- Montaje de prefabricados.
- Albañilería.
- Cubiertas.
- Alicatados.
- Enfoscados y enlucidos.
- Solados con mármoles, terrazos, plaquetas y asimilables.
- Carpintería de madera, metálica y cerrajería.
- Montaje de vidrio.
- Pintura y barnizados.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.
- Instalación de fontanería, aparatos sanitarios, calefacción y aire acondicionado.
- Instalación de antenas y pararrayos.
  - o Los riesgos más frecuentes durante estos oficios son los descritos a continuación:
    - Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc.).
    - Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
    - Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
    - Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
    - Los derivados de los trabajos pulverulentos.
    - Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc.).
    - Caída de los encofrados al vacío, caída de personal al caminar o trabajar sobre los fondillos de las vigas, pisadas sobre objetos punzantes, etc.
    - Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.
    - Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
    - Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallos de entibaciones.
    - Contactos con la energía eléctrica (directos e indirectos), electrocuciones, quemaduras, etc.
    - Los derivados de la rotura fortuita de las planchas de vidrio.
    - Cuerpos extraños en los ojos, etc.

- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

#### ***3.1.5.2. Medidas preventivas de carácter general.***

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelo, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc.), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc.).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilería metálica, piezas prefabricadas, carpintería metálica y de madera, vidrio, pinturas, barnices y disolventes, material eléctrico, aparatos sanitarios, tuberías, aparatos de calefacción y climatización, etc.).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados (sacos de aglomerante, ladrillos, arenas, etc.) se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo está en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.



El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.

El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como el número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.

En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

#### ***3.1.5.3. Medidas preventivas de carácter particular para cada oficio.***

##### ***3.1.5.3.1. Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.***

- Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.
- Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad.
- Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.
- La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.
- Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados.

- Se utilizarán redes tensas o mallazo electrosoldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.
- La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m. para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.
- Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorras.
- El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.
- Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m., se entibará (o encamisará el perímetro en prevención de derrumbamientos.
- Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

- Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.
- La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.
- La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra, queda fijada en 5 m., en zonas accesibles durante la construcción.
- Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

#### ***3.1.5.3.2. Relleno de tierras.***

- Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.
- Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras.
- Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.
- Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m. en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.
- Los vehículos de compactación y apisonado, irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.

#### ***3.1.5.3.3. Encofrados.***

---

- Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante las operaciones de izado de tablonos, sopandas, puntales y ferralla; igualmente se procederá durante la elevación de viguetas, nervios, armaduras, pilares, bovedillas, etc.
- El ascenso y descenso del personal a los encofrados, se efectuará a través de escaleras de mano reglamentarias.
- Se instalarán barandillas reglamentarias en los frentes de losas horizontales, para impedir la caída al vacío de las personas.
- Los clavos o puntas existentes en la madera usada, se extraerán o remacharán, según casos.
- Queda prohibido encofrar sin antes haber cubierto el riesgo de caída desde altura mediante la ubicación de redes de protección.

#### ***3.1.5.3.4. Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.***

---

- Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores al 1'50 m.
- Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco (o bancos, borriquetas, etc.) de trabajo.
- Queda prohibido el transporte aéreo de armaduras de pilares en posición vertical.
- Se prohíbe trepar por las armaduras en cualquier caso.
- Se prohíbe el montaje de zunchos perimetrales, sin antes estar correctamente instaladas las redes de protección.
- Se evitará, en lo posible, caminar por los fondillos de los encofrados de jácenas o vigas.

#### ***3.1.5.3.5. Trabajos de manipulación del hormigón.***

---

- Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.
- Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. del borde de la excavación.
- Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.
- Se procurará no golpear con el cubo los encofrados, ni las entibaciones.

- La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.
- Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabajo móviles formadas por un mínimo de tres tablones, que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.
- El hormigonado y vibrado del hormigón de pilares, se realizará desde "castilletes de hormigonado".
- En el momento en el que el forjado lo permita, se izará en torno a los huecos el peto definitivo de fábrica, en prevención de caídas al vacío.
- Se prohíbe transitar pisando directamente sobre las bovedillas (cerámicas o de hormigón), en prevención de caídas a distinto nivel.

#### ***3.1.5.3.6. Instalación eléctrica provisional de obra.***

- El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.
- El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.
- Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.
- La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios o de planta, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.
- El tendido de los cables y mangueras, se efectuará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.
- Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.
- Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.
- Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.
- Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.
- Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.
- Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.

- Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.
- La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.
- Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:
  - 300 mA. Alimentación a la maquinaria.
  - 30 mA. Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.
  - 30 mA. Para las instalaciones eléctricas de alumbrado.
- Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.
- El neutro de la instalación estará puesto a tierra.
- La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.
- El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.
- La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente Norma:
  - Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.
  - La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.
  - La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.
  - Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.
- No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.
- No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.
- No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

#### **PROTECTORES DE LA CABEZA.**

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.

- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

#### **PROTECTORES DE MANOS Y BRAZOS.**

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

#### **PROTECTORES DE PIES Y PIERNAS.**

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeables.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

#### **PROTECTORES DEL CUERPO.**

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.

#### ***3.1.5.4. Medidas preventivas para línea subterránea de media tensión.***

---

A continuación se recogen las medidas específicas para cada una de las fases nombradas anteriormente, que comprenden la realización de la Línea Subterránea Media Tensión.

### **3.1.5.4.1. Transporte y acopio de materiales.**

Es el riesgo derivado del transporte de los materiales al lugar de realización de la obra. Los vehículos deben cumplir exactamente lo estipulado en el Código de Circulación.

<b>RIESGOS ASOCIADOS</b>	<b>MEDIDAS PREVENTIVAS</b>
Caída de personas al mismo nivel	Inspección del estado del terreno
Cortes de circulación	Utilizar los pasos y vías existentes
Caída de objetos	Limitar la velocidad de los vehículos
Desprendimientos, desplomes y derrumbes.	Delimitación de los puntos peligrosos (Zanjas, calas, pozos, etc.)
Atrapamiento	Respetar zonas señalizadas y delimitadas
Confinamiento	Exigir y mantener un orden
Condiciones ambientales y de señalización	Precaución en transporte de materiales

#### **Protecciones individuales a utilizar:**

- Guantes de protección.
- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad.

#### **Otros aspectos a considerar:**

En cuanto al Acopio de material, hay que tener en cuenta, que antes de realizarlo se deberá realizar un reconocimiento del terreno, con el fin de escoger el mejor camino para llegar a los puntos de ubicación de los Apoyos, o bien limpiar o adecuar un camino.

Los caminos, pistas o veredas acondicionadas para el acopio del material deberán ser lo suficientemente anchos para evitar roces y choques, con ramas, árboles, piedras, etc.

El almacenamiento de los materiales, se deberá realizar de tal manera que estos no puedan producir derrumbamientos o deslizamientos. Se procurará seguir la siguiente clasificación:

- Áridos, cemento y gravas en filas y montones de no más de un metro.
- Cajas de aisladores se depositarán unas sobre otras sin que se rebase el metro de altura, se colocarán cuñas laterales para evitar deslizamientos o derrumbes.
- Herrajes para en armado de los apoyos y tortillería necesaria se depositará clasificando los hierros de mayor a menor dimensión, procurando no apilar cantidades excesivas.

**3.1.5.4.2. Movimiento de tierras, apertura de zanjas y reposición de pavimento.**

RIESGOS ASOCIADOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caída a las zanjas.</li> <li>- Desprendimiento de los bordes de los taludes de las rampas.</li> <li>- Atropellos causados por la maquinaria.</li> <li>- Caídas del personal, vehículos, maquinaria o materiales al fondo de la excavación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Controlar el avance de la excavación, eliminando bolos y viseras inestables, previniendo la posibilidad de lluvias o heladas.</li> <li>- Prohibir la permanencia del personal en la proximidad de las máquinas en movimiento.</li> <li>- Señalizar adecuadamente el movimiento de transporte pesado y máquinas en movimiento.</li> <li>- Dictar normas de actuación a los operadores de la maquinaria utilizada.</li> <li>- Las cargas de los camiones no sobrepasarán los límites establecidos y reglamentarios.</li> <li>- Establecer un mantenimiento correcto de la maquinaria.</li> <li>- Prohibir el paso a toda persona ajena a la obra.</li> <li>- Balizar, señalizar y vallar el perímetro de la obra, así como los puntos singulares en el interior de la misma.</li> <li>- Establecer zonas de paso y acceso a la obra.</li> <li>- Dotar de la adecuada protección al personal y velar por su utilización.</li> <li>- Establecer las entibaciones en las zonas que sean necesarias.</li> </ul>



**3.1.5.4.3. Cercanía a las líneas de alta y media tensión.**

RIESGOS ASOCIADOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caída de personas al mismo nivel</li> <li>- Caída de personas a distinto nivel                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caída de objetos</li> </ul> </li> <li>- Desprendimientos, desplomes y derrumbes                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- Choques y golpes</li> <li>- Proyecciones</li> </ul> </li> <li>- Contactos eléctricos                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- Arco eléctrico</li> <li>- Explosiones</li> <li>- Incendios</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En proximidad de líneas aéreas, no superar las distancias de seguridad:                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- Colocación de barreras y dispositivos de balizamiento.</li> <li>- Zona de evolución de la maquinaria delimitada y Señalizada.</li> </ul> </li> <li>- Estimación de las distancias por exceso.</li> <li>- Solicitar descargo cuando no puedan mantenerse distancias.</li> <li>- Distancias específicas para personal no facultado a trabajar en instalaciones eléctricas</li> <li>- Cumplimiento de las disposiciones legales existentes.</li> <li>- (Distancias, cruzamientos, paralelismos.).                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- Según capítulo séptimo del R.A.T.</li> <li>- Puestas a tierra en buen estado:</li> </ul> </li> <li>- Apoyos con interruptores, seccionadores: conexión a tierra de las carcasas y partes metálicas de los mismos.</li> <li>- Tratamiento químico del terreno si hay que reducir la resistencia de la toma de tierra.                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación en el momento de su establecimiento y revisión cada seis años.</li> <li>- Terreno no favorable: descubrir cada nueve años</li> </ul> </li> <li>- Protección frente a sobreintensidades: cortacircuitos fusibles e interruptores automáticos.</li> <li>- Protección contra sobretensiones: pararrayos y autoválvulas.</li> <li>- Solicitar permisos de Trabajos con riesgos especiales</li> </ul>

**Protecciones colectivas a utilizar:**

- Circuito de puesta a tierra.
- Protección contra sobreintensidades, (cortacircuitos, fusibles e interruptores automáticos.)

- Protección contra sobretensiones, (pararrayos).
- Señalizaciones y delimitación.

**Protecciones individuales a utilizar:**

- Guantes aislantes.
- Casco y botas de seguridad.
- Gafas de protección.

***3.1.5.4.4. Tendido, empalme y terminales de conductores subterráneos. Riesgos asociados.***

RIESGOS ASOCIADOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caídas de altura de personas. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cortes en las manos.</li> </ul> </li> <li>- Caídas de objetos a distinto nivel (herramientas, tornillos, etc.,)</li> <li>- Electrocuciones por contacto indirecto. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sobresfuerzos.</li> </ul> </li> <li>- Contacto con elementos candentes. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vuelco de maquinaria.</li> <li>- Atrapamientos.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilización de casco, guantes y calzado adecuado.</li> <li>- Emplear bolsas porta-herramientas.</li> <li>- Dotar de adecuada protección personal y velar por su utilización.</li> <li>- Acondicionamiento de la zona de ubicación, anclaje correcto de las máquinas de tracción. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Control de maniobras y vigilancia continuada.</li> </ul> </li> <li>- Utilizar fajas de protección lumbar.</li> </ul>

***3.1.5.4.5. Riesgos laborales no eliminables completamente.***

Este apartado contiene la identificación de los riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados, y las medidas preventivas y protecciones técnicas que deberán adoptarse para el control y la reducción de este tipo de riesgos.

La primera relación se refiere a aspectos generales que afectan a la totalidad de la obra, y las restantes, a los aspectos específicos de cada una de las fases en las que ésta puede dividirse en:

**Toda la obra:**

a) Riesgos más frecuentes:

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operarios a distinto nivel.
- Caídas de objetos sobre operarios.

- Caídas de objetos sobre terceros.
- Choques o golpes contra objetos.
- Fuertes vientos.
- Trabajos en condición de humedad.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Sobreesfuerzos.

b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Orden y limpieza de las vías de circulación de la obra.
- Orden y limpieza de los lugares de trabajo.
- Recubrimiento, o distancia de seguridad (1m) a líneas eléctricas de B.T.
- Recubrimiento, o distancia de seguridad (3 - 5 m) a líneas eléctricas de A.T.
- Iluminación adecuada y suficiente (alumbrado de obra).
- No permanecer en el radio de acción de las máquinas.
- Puesta a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento.
- Señalización de la obra (señales y carteles).
- Cintas de señalización y balizamiento a 10 m de distancia.
- Vallado del perímetro completo de la obra, resistente y de altura 2m.
- Marquesinas rígidas sobre accesos a la obra.
- Pantalla inclinada rígida sobre aceras, vías de circulación o colindantes.
- Extintor de polvo seco, de eficacia 21<sup>a</sup> - 113B.
- Evacuación de escombros.
- Escaleras auxiliares.
- Información específica.
- Grúa parada y en posición veleta.

c) Equipos de protección individual:

- Cascos de seguridad.
- Calzado protector.
- Ropa de trabajo.
- Casquetes antirruidos.
- Gafas de seguridad.
- Cinturones de protección.

### **Movimientos de tierras:**

a) Riesgos más frecuentes:

- Desplomes, hundimientos y desprendimientos del terreno.
- Caídas de materiales transportados.
- Caídas de operarios al vacío.
- Atrapamientos y aplastamientos.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de máquinas.
- Ruidos, Vibraciones.
- Interferencia con instalaciones enterradas.
- Electrocuciiones.

b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Observación y vigilancia del terreno.
- Limpieza de bolos y viseras.
- Achique de aguas.
- Pasos o pasarelas.
- Separación de tránsito de vehículos y operarios.
- No acopiar junto al borde de la excavación.
- No permanecer bajo el frente de excavación.
- Barandillas en bordes de excavación (0,9 m)
- Acotar las zonas de acción de las máquinas.
- Topes de retroceso para vertido y carga de vehículos.

### **3.1.6. Conclusión.**

La Dirección Facultativa de la obra acreditará la adecuada formación y adiestramiento del personal de la obra, en materia de Prevención y Primeros Auxilios.

Así mismo, comprobará que existe un plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente y que han sido contratados los servicios asistenciales adecuados.

La dirección de estos Servicios deberá ser colocada de forma visible en los sitios estratégicos de la obra, con indicación del número de teléfono.

### **3.1.7. Anexos.**

Riesgo y medidas de prevención y protección en cada fase del trabajo.

**ANEXO 1: PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE LAS NTALACIONES.**

ACTIVIDAD	RIESGO	ACCIÓN PREVENTIVA Y PROTECCIONES
<b>Pruebas y puesta en servicio. (Desconexión y protección en el caso de mantenimiento, retirada o desmontaje de instalaciones)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Golpes.</li> <li>- Heridas.</li> <li>- Caídas.</li> <li>- Atrapamientos.</li> <li>- Contacto eléctrico directo e indirecto en AT y BT. Elementos candentes y quemaduras.</li> <li>- Presencia de animales, colonias, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ver punto 1.4.4. (Protecciones)</li> <li>- Cumplimiento MO 12.05.02 al 05.</li> <li>- Mantenimientos equipos y utilización de EPI's.</li> <li>- Utilización de EPI's, Adecuación de cargas, control de maniobras y vigilancia continuada.</li> <li>- Ver punto 1.4.4</li> <li>- Prevención de aperturas de armarios, celdas, etc.</li> </ul>

## **ANEXO 2: LÍNEAS SUBTERRÁNEAS.**

Riesgos y medios de protección para evitarlos o minimizarlos.

### **1. ACTIVIDADES.**

- Acopio, carga y descarga (acopio, carga y descarga de material recuperado y chatarra).
- Excavación, hormigonado y obras auxiliares.
- Izado y acondicionado del cable en apoyo L.A. (desmontaje cable en apoyo de línea aérea).
- Tendido, empalme y terminales de conductores (desmontaje de conductores, empalmes y terminales).
- Engrapado de soportes en galerías (desengrapado de soportes en galerías).
- Orden y limpieza, utilización de equipos de protección individual y colectiva, según normativa vigente, identificación de canalizaciones, coordinación con la empresa de gas, utilización de EPI's, entibamiento, vallado de seguridad, protección de huecos e información sobre posibles conducciones, utilizar fajas de protección lumbar, control de maniobras y vigilancia continuada, vigilancia continuada de la zona donde se está excavando.
- Pruebas y puesta en servicio (mantenimiento, desguace o recuperación de instalaciones).

### **2. RIESGOS DE CADA ACTIVIDAD.**

- Golpes, heridas, caídas de objetos, atrapamientos, presencia de animales (mordeduras, picaduras, sustos...).
- Caídas al mismo nivel, caídas a distinto nivel, exposición al gas natural, caídas de objetos, desprendimientos, golpes y heridas, oculares, cuerpos extraños, riesgos a terceros, sobreesfuerzos, atrapamientos, contactos eléctricos.
- Caídas desde altura, golpes y heridas, atrapamientos, caídas de objetos, (desplome o rotura del apoyo o estructura).
- Vuelco de maquinaria, caídas desde altura, golpes y heridas, atrapamientos, caídas de objetos, sobreesfuerzos, riesgos a terceros, ataque de animales.

- Caídas desde altura, golpes y heridas, atrapamientos, caídas de objetos y sobreesfuerzos.
- Ver Anexo I y presencia de colonias, nidos.

### **3. ACCIONES PREVENTIVAS Y PROTECCIONES.**

- Mantenimiento de equipos, utilización de EPI's, adecuación de las cargas, control de maniobras y vigilancia continuada, utilización de EPI.s, revisión del entorno.
- Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según normativa vigente, utilización de EPI's, control de maniobras y vigilancia continuada, (análisis previo de las condiciones de tiro y equilibrio y atirantado o medios de trabajo específicos).
- Acondicionamiento de la zona de ubicación; anclaje correcto de las máquinas de tracción, utilización de equipos de protección individual y colectiva, según. Normativa vigente, control de maniobras y vigilancia continuada, utilización de EPI's, utilizar fajas de protección lumbar, vigilancia continuada y señalización de riesgos y revisión del entorno.
- Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa vigente, utilización de EPI's, control de maniobras y vigilancia continuada y utilizar fajas de protección lumbar.
- Ver Anexo I y revisión del entorno.

### **ANEXO 3: INSTALACIÓN / RETIRADA DE EQUIPOS DE MEDIDA EN BT**

#### **1. ACTIVIDADES.**

- Acopio, carga y descarga.
- Desconexión / conexión de la instalación eléctrica y pruebas.
- montaje / desmontaje.

#### **2. RIESGOS DE CADA ACTIVIDAD**

- Golpes, cortes, caídas de objetos, caídas a nivel y atrapamientos.
- Contacto eléctrico directo e indirecto en BT.
- Caídas al mismo nivel, caídas a diferente nivel, caídas de objetos, golpes y cortes, proyección de partículas, riesgos a terceros, sobreesfuerzos, atrapamientos, contacto eléctrico directo e indirecto en BT, arco eléctrico en BT y elementos candentes y quemaduras.

#### **3. ACCIONES PREVENTIVAS y PROTECCIONES**

- Mantenimiento equipos, utilización de EPI's, adecuación de las cargas, y control de maniobras.
- Utilización de EPI's, coordinar con el cliente los trabajos a realizar, aplicar las 5 **reglas de oro\***, apantallar en caso de proximidad los elementos en tensión, informar por parte del Jefe de Trabajo a todo el personal, la situación en la que se encuentra la zona de trabajo y donde se encuentran los puntos en tensión más cercanos.
- Orden y limpieza, utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa vigente, utilización de EPI's, vallado de seguridad, protección de huecos, información sobre posibles conducciones, utilizar fajas de protección lumbar, control de maniobras y atención continuada, apantallar en caso de proximidad los elementos en tensión, informar por parte del jefe de trabajo a todo el personal, la situación en la que se encuentra la zona de trabajo y donde se encuentran los puentes en tensión más cercanos



5 REGLAS DE ORO
Cortar todas las fuentes en tensión
Bloquear los aparatos de corte
Verificar la ausencia de tensión
Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión
Delimitar y señalizar la zona de trabajo

**ANEXO 4: INSTALACIONES DE TELECOMUNICACIONES  
SOCIADAS A LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS.**

**1. ACTIVIDADES.**

- Acopio, carga y descarga (acopio carga y descarga de material recuperado/chatarra).
- Excavación, hormigonado y obras auxiliares.
- Izado y acondicionado del cable en apoyo L.A.
- Tendido, empalme y terminales de conductores (desmontaje de conductores, empalmes y terminales).
- Engrapado de soportes en galerías (desengrapado de soportes en galerías).
- Pruebas y puesta en servicio (mantenimiento, desguace o recuperación de instalaciones).

**2. RIESGOS DE CADA ACTIVIDAD.**

- Golpes, heridas, caídas de objetos y atrapamientos.
- Caídas al mismo nivel, caídas a distinto nivel, exposición al gas natural, caídas de objetos, desprendimientos, golpes y heridas, oculares y cuerpos extraños, riesgos a terceros, sobreesfuerzos, atrapamientos y contactos eléctricos.
- Caídas desde altura, golpes y heridas, atrapamientos, caídas de objetos y (desplome o rotura del apoyo o estructura).
- Vuelco de maquinaria, caídas desde altura, golpes y heridas, atrapamientos, caídas de objetos, sobreesfuerzos, riesgos a terceros, quemaduras y presencia de animales.
- Caídas desde altura, golpes y heridas, atrapamientos, caídas de objetos y sobre esfuerzos.
- Ver Anexo 1.

**3. ACCIONES PREVENTIVAS Y PROTECCIONES.**

- Mantenimiento de equipos, utilización de EPI's, adecuación de las cargas, control y maniobras, vigilancia continuada.
- Orden y limpieza, utilización de equipos de protección individual y colectiva, según normativa, identificación de canalizaciones, coordinación con la empresa de gas, Utilización de EPI's, entibamiento, vallado de seguridad con protección de huecos e información sobre posibles conducciones, utilización de fajas de protección lumbar, control de maniobras y vigilancia continuada, vigilancia continuada de la zona donde se está excavando.

- Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según normativa vigente utilización de f EPI's, control de maniobras y vigilancia continuada y (análisis previo de las condiciones de tiro y equilibrio y atirantado o medios de trabajo específicos).
- Acondicionamiento de la zona de ubicación, anclaje correcto da las máquinas de tracción, utilización de equipos de - protección individual y colectiva, según normativa vigente, Utilización de EPI's, control de maniobras y vigilancia continuada, utilizar fajas de protección lumbar, vigilancia continuada y señalización de riesgos y revisión del entorno.
- Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según normativa. Utilización de EPI's, control de maniobras y vigilancia continuada, utilizar fajas de protección lumbar.
- Ver Anexo I.

**ANEXO 5: TRABAJOS EN TENSIÓN.**

**A. DISPOSICIONES GENERALES**

1 - Los trabajos en tensión deberán ser realizados por trabajadores cualificados, siguiendo un procedimiento previamente estudiado y, cuando su complejidad o novedad lo requiera, ensayado sin tensión, que se ajuste a los requisitos indicados a continuación. Los trabajos en lugares donde la comunicación sea difícil, por su orografía, confinamiento u otras circunstancias, deberán realizarse estando presentes, al menos, dos trabajadores con formación en materia de primeros auxilios.

Todos los trabajadores cualificados que intervengan en los trabajos en tensión deben estar adecuadamente entrenados en los métodos y procedimientos específicos utilizados en este tipo de trabajos.

La formación y entrenamiento de estos trabajadores debería incluir la aplicación de primeros auxilios a los accidentados por choque eléctrico así como los procedimientos de emergencia tales como el rescate de accidentados desde los apoyos de líneas aéreas o desde las «bocas de hombre» de acceso a lugares subterráneos o recintos cerrados.

2. El método de trabajo empleado y los equipos y materiales utilizados deberán asegurar la protección del trabajador frente al riesgo eléctrico, garantizando, en particular, que el trabajador no pueda contactar accidentalmente con cualquier otro elemento a potencial distinto al suyo.

Entre los equipos y materiales citados se encuentran:

- Los accesorios aislantes (pantallas, cubiertas, vainas, recubrimiento de partes activas o masas.
- Los útiles aislantes o aislados (herramientas, pinzas, puntas de prueba, etc.).
- Las pértigas aislantes.
- Los dispositivos aislantes o aislados (banquetas, alfombras, plataformas de trabajo, etc.).
- Los equipos de protección individual frente a riesgos eléctricos (guantes, gafas, cascos, etc.)

Existen tres métodos de trabajo en tensión para garantizar la seguridad de los trabajadores que los realizan:

- a. Método de trabajo a potencial, empleado principalmente en instalaciones y líneas de transporte de alta tensión.
- b. Método de trabajo a distancia, utilizado principalmente en instalaciones de alta tensión en la gama media de tensiones.
- c. Método de trabajo en contacto con protección aislante en las manos, utilizado principalmente en baja tensión, aunque también se emplea en la gama baja de alta tensión.

Dentro de cada uno de dichos métodos es preciso desarrollar procedimientos específicos para cada tipo de trabajo a realizar, por ejemplo: sustitución de aislamientos de cadena, conexión o desconexión de derivaciones, sustitución de apoyos, etc. En alta tensión, estos procedimientos deberán plasmarse por escrito, de forma que la empresa pueda disponer de un repertorio de procedimientos específicos sancionados por la práctica. En el caso de que se solicite un trabajo en tensión para el que no disponga de un procedimiento probado, será necesario estudiar minuciosamente la forma de realizarlo con garantías de seguridad. El nuevo procedimiento debe ser ensayado previamente sin tensión cuando su complejidad o novedad lo requiera, tal como se indica en el presente Anexo.

Equipos de protección individual requeridos:

- Casco de seguridad aislante con barboquejo
- Gafas o pantalla facial adecuadas al arco eléctrico y/o inactivas.
- Arnés o cinturón de seguridad
- Guantes de protección contra riesgos mecánicos

Otros equipos complementarios

- Ropa de trabajo
- Calzado de trabajo bajo en contacto

3. A efectos de lo dispuesto en el apartado anterior, los equipos y materiales para la realización de trabajos en tensión se elegirán, de entre los concebidos para tal fin, teniendo en cuenta las características del trabajo y de los trabajadores y, en particular, la tensión de servicio, y se utilizarán, mantendrán y revisarán siguiendo las instrucciones de su fabricante. En cualquier caso, los equipos y materiales para la realización de trabajos en tensión se ajustarán a la normativa específica que les sea de aplicación.

Como ya se ha dicho, todos los equipos utilizados en los distintos métodos de trabajo en tensión deben ser elegidos entre los diseñados específicamente para este fin, de acuerdo con la normativa legal y/o técnica que les resulte de aplicación.

Por otra parte, dichos equipos deben ser revisados y mantenidos de acuerdo con las instrucciones del fabricante. En particular, los equipos deben ser mantenidos perfectamente limpios y libres de humedad antes y durante su utilización.

En el caso de los trabajos en alta tensión, se recomienda que cada equipo de trabajo y de protección individual tenga una ficha técnica donde se indique lo siguiente:

- Su campo de aplicación (método de trabajo en tensión)
- Sus límites de utilización (tensiones máximas, etc.)
- Los requisitos de mantenimiento y conservación
- Los ensayos o controles requeridos y su periodicidad

Los materiales aislantes y las herramientas aisladas deben ser guardados en lugares secos y su transporte al lugar de trabajo debe hacerse en estuches o fundas que garanticen su protección. Asimismo, en el lugar de trabajo deben ser colocados sobre soportes o lonas impermeables a salvo del polvo y la humedad.

Antes de su utilización se deben limpiar cuidadosamente, para eliminar de la superficie cualquier rastro de polvo o humedad. Las cuerdas aislantes no deben ser utilizadas si no hay garantías de que están bien secas y limpias. Del mismo modo, los equipos de protección individual deben guardarse en lugares secos y transportarse en estuches o fundas adecuadas.

En todo caso, los referidos equipos de trabajo deben cumplir las disposiciones del RD 1215/1997, de 18 de julio, sobre equipos de trabajo.

### **NORMAS TÉCNICAS APLICABLES A DIVERSOS EQUIPOS DE TRABAJO**

#### **Útiles aislantes y asilados:**

- UNE – EN 60900:1994 y anexo A1 : 1996 y anexo A11: 1998. Herramientas manuales para trabajos en tensión hasta 1000 V en corriente alterna y 1500 V en corriente continua.
- UNE-EN 60832: 1998.- Pértigas aislantes y herramientas para cabezal universal para trabajos en Tensión.
- UNE-EN 60855: 1998 + Errata:1998.- Tubos aislantes rellenos de espuma y barras aislantes macizas para trabajos en tensión.
- UNE-EN 61235: 1996 + Errata:1997.- Trabajos en tensión. Tubos huecos aislantes para trabajos eléctricos.
- UNE-21731-191.- Pértigas aislantes y herramientas para cabezal universal para trabajos en tensión.
- UNE 21 706 90.- Tubos aislantes rellenos de espuma y pértigas aislantes macizas para trabajos en alta tensión.

#### **Dispositivos avilantes:**

- UNE 204 001:1999.- Banquetas aislantes para trabajos eléctricos.
- UNE-EN 61478:2002.- Trabajos en tensión. Escaleras de material aislante.

- UNE-EN 61057:1996.- Elevadores de brazo aislante utilizados para los trabajos en tensión superior a 1 KV en corriente alterna.

**Accesorios aislantes para recubrimientos de partes activas:**

- UNE-EN 61479. Trabajos en tensión. Cubiertas flexibles de material aislante para conductores.
- UNE-EN 60674-1: 1998.- Especificaciones para películas plásticas para usos eléctricos.

**Definiciones y requisitos generales.**

- UNE-EN 61229: 1996 + A1:1998.- Protectores rígidos para trabajos en tensión en instalaciones de corriente alterna.

**Otras Normas relacionadas:**

- UNE-EN 50186-1. Sistemas de limpieza de líneas en tensión para instalaciones eléctricas con tensiones nominales superiores a 1 kV. Parte 1. Condiciones generales.
- UNE 204002-IN. Trabajos en tensión. Instalación de conductores de líneas de distribución. Equipos de tendido de accesorios.
- UNE-EN 60743: 1997. Terminología para las herramientas y equipos a utilizar en los trabajos en tensión.

**Normativa aplicable a los equipos de protección individual.**

Los equipos de protección individual deben cumplir dos clases de normas legales:

A. Normas relativas a su utilización

B. Normas relativas a su comercialización

A.- Con respecto a su utilización, los equipos de protección individual están sujetos al cumplimiento del Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

En este Real Decreto se establecen las disposiciones mínimas relativas al empleo de equipos de protección individual, las condiciones generales que deben reunir y los criterios para su elección, utilización y mantenimiento. También se especifican las obligaciones del empresario en materia de información y formación de los trabajadores.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo ha editado la «Guía técnica sobre utilización de equipos de protección individual», destinada a desarrollar los aspectos técnicos de dicho Real Decreto.

B.- Con respecto a su comercialización, los equipos de protección individual deben cumplir el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre y sus modificaciones (Real Decreto 159/1995, de 3 de febrero, y Orden de 20 de febrero de 1997).

En dicha normativa, se establecen las condiciones de comercialización y de libre circulación intracomunitaria, así como las exigencias esenciales de sanidad y seguridad que deben cumplir estos equipos para preservar la salud y garantizar la seguridad de los usuarios.

El apartado 3.8 del Anexo 11 del citado Real Decreto 1407/1992 establece las exigencias esenciales para los EPI contra riesgos eléctricos, referidas a los siguientes aspectos:

Deben poseer un aislamiento adecuado a las tensiones a las que los usuarios tengan que exponerse en las condiciones más desfavorables.

Los materiales y demás componentes se elegirán de tal manera que la corriente de fuga, medida a través de la cubierta protectora con tensiones similares a las que se puedan dar «in situ», sea lo más baja posible y siempre inferior a un valor convencional máximo admisible en correlación con un umbral de tolerancia.

Los tipos de EPI que vayan a utilizarse exclusivamente en trabajos o maniobras en instalaciones con tensión eléctrica o que puedan llegar a estar bajo tensión, llevarán una marca (al igual que en su cobertura protectora) que indique, especialmente, el tipo de protección y/o la tensión de utilización correspondiente, además de otros requisitos especificados en esta disposición, así como espacios previstos para las puestas en servicio o las pruebas y controles periódicos.

De acuerdo con la clasificación que se establece para los equipos de protección individual, los destinados a proteger contra los riesgos eléctricos para los trabajos realizados bajo tensiones peligrosas deben llevar, además del preceptivo marcado CE, el número del organismo notificado que realiza el control del producto final.

También se establece la obligación del fabricante de entregar un folleto informativo, en el idioma del país de utilización, con los equipos de protección individual comercializados en el cual, además del nombre y la dirección del fabricante se debe indicar toda la información útil sobre:

- Instrucciones de almacenamiento, uso, limpieza, mantenimiento, revisión y desinfección.



- Rendimientos alcanzados en los exámenes técnicos dirigidos a la verificación de los grados o clases de protección.
- Accesorios que se pueden utilizar y características de las piezas de repuesto adecuadas.
- Clases de protección adecuadas a los diferentes niveles de riesgo y límites de uso correspondientes.
- Fecha o plazo de caducidad del equipo o de algunos de sus componentes.
- Lipa de embalaje adecuado para transportar los equipos.
- Explicación de las marcas si las hubiere.

Los trabajadores, a través de los Delegados de Prevención adecuadamente asesorados, tienen derecho a participar en la elección de dichos equipos.

### **NORMAS TÉCNICAS APLICABLES A LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL**

- UNE-EN 50237:1998.- Guantes y manoplas con protección mecánica para trabajos eléctricos.
- UNE-EN 50321.- Calzado aislante de la electricidad para uso en instalaciones de baja tensión.
- UNE-EN 50286:2000.- Ropa aislante de protección para trabajos en instalaciones baja tensión.
- UNE-EN 60895: 1998.- Ropa conductora para trabajos en tensión hasta 800 kV de tensión nominal en corriente alterna.
- UNE-EN 60903/A 11:1997.- Guantes y manoplas de material aislante para trabajos eléctricos.
- UNE-EN 60903:2000.- Guantes y manoplas de material aislante para trabajos eléctricos
- UNE-EN 60984:1995.- Manguitos de material aislante para trabajos en tensión.

### **B. DISPOSICIONES-ADICIONALES PARA TRABAJOS EN ALTA TENSIÓN**

1. El trabajo se efectuará bajo la dirección y vigilancia de un jefe de trabajo, que será el trabajador cualificado que asume la responsabilidad directa del mismo; si la amplitud de la zona de trabajo no le permitiera una vigilancia adecuada, deberá requerir la ayuda de otro trabajador cualificado.

El jefe de trabajo se comunicará con el responsable, de la instalación donde se realiza el trabajo, a fin de adecuar las condiciones de la instalación a las exigencias del trabajo.

**2.** Los trabajadores cualificados deberán ser autorizados por escrito por el empresario para realizar el tipo de trabajo que vaya a desarrollarse, tras comprobar su capacidad para hacerla correctamente, de acuerdo al procedimiento establecido, el cual deberá definirse por escrito e incluir la secuencia de las operaciones a realizar, indicando, en cada caso:

- Las medidas de seguridad que deben adaptarse.
- El material y medios de protección a utilizar y, si es preciso, las instrucciones para su uso y para la verificación de su buen estado.
- Las circunstancias que pudieran exigir la interrupción del trabajo.

**3.** La autorización, tendrá que renovarse, tras una nueva comprobación de la capacidad del trabajador para seguir correctamente el procedimiento de trabajo establecido, cuando éste cambie significativamente, o cuando el trabajador haya dejado de realizar el tipo de trabajo en cuestión durante un período de tiempo superior a un año.

La autorización deberá retirarse cuando se observe que el trabajador incumple las normas de seguridad, o cuando la vigilancia de la salud ponga de manifiesto que el estado a la situación transitoria del trabajador no se adecua a las exigencias psicofísicas requeridas por el tipo de trabajo a desarrollar.

Cuando se trata de instalaciones de alta tensión, la realización de cualquier trabajo en tensión, cualquiera que sea el método elegido, debe estar basado en la aplicación de un «procedimiento de ejecución» elaborado por personal competente de la empresa. Dicho procedimiento debe estar documentado y en él debe especificarse, al menos, lo siguiente: las medidas de seguridad que deben adaptarse, el material y los medios de protección que han de ser utilizados y las circunstancias que pueden requerir la interrupción del trabajo.

El procedimiento debe describir las sucesivas etapas del trabajo y detallar, en cada una de ellas, las distintas operaciones elementales que hayan de realizarse y la manera de ejecutarlas de forma segura.

Cuando el responsable de la instalación solicite a un jefe de Trabajo la ejecución de un «trabajo en tensión» debería proporcionarle el mencionado «procedimiento de ejecución» junto con la «autorización de trabajo en tensión» en la que se especificará el lugar de trabajo, las fechas de su realización y el régimen especial en que funcionará la instalación durante los trabajos.

El jefe de Trabajo, antes de iniciar el trabajo, deberá comunicarse con el responsable de la instalación para verificar que éste ha tomado las medidas necesarias para dejar la instalación en la situación prevista para permitir la realización de los trabajos. Así mismo, se deberá habilitar un sistema de comunicación con el lugar de trabajo que permita solicitar las maniobras necesarias en caso de emergencia.

Por otra parte, el Jefe de Trabajo deberá reunir previamente a los operarios involucrados con el fin de exponerles el citado «procedimiento de ejecución» previamente elaborado, debatiendo con ellos los detalles hasta asegurarse de que todos lo han entendido correctamente.

Así mismo, durante la ejecución del trabajo el Jefe de Trabajo debe controlar en todo momento su desarrollo para asegurarse de que se realiza de acuerdo con el citado «procedimiento de ejecución». En particular, deberá asegurarse de que la zona de trabajo está señalizada y/o delimitada adecuadamente, siempre que exista la posibilidad de que otro trabajador o persona ajena penetre en dicha zona y acceda a elementos en tensión.

También deberá asegurarse de que ningún trabajador se 'coloque en posición de poder rebasar las distancias de seguridad mientras realiza las operaciones encomendadas. Si la extensión de la zona de trabajo no le permitiera realizar dicha vigilancia de forma correcta, debe pedir la ayuda de otro trabajador cualificado, con autorización escrita para trabajar en tensión en alta tensión.

Por otro lado, en los trabajos en tensión es primordial que todos y cada uno de los trabajadores se encuentren en condiciones físicas y mentales adecuadas para prevenir cualquier acto fuera de control que pueda poner en peligro su seguridad o la de sus compañeros.

El empresario debe autorizar por escrito a sus trabajadores cualificados para el tipo de trabajo a desarrollar. Estas autorizaciones deberían constar en un archivo destinado a facilitar su control.

Así mismo, el empresario deberá certificar que cada uno de los trabajadores ha realizado el entrenamiento requerido y ha superado satisfactoriamente las correspondientes pruebas teóricas y prácticas. Las certificaciones deberían estar registradas en un archivo destinado a facilitar su control.

### **3.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD PARA CENTROS DE TRANSFORMACIÓN COMPACTOS Y PREFABRICADOS.**

#### **3.2.1. Objeto.**

Dar cumplimiento a las disposiciones del R.D. 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen los requisitos mínimos de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

Asimismo es objeto de este estudio de seguridad dar cumplimiento a la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales en lo referente a la obligación del empresario titular de un centro de trabajo, de informar y dar instrucciones adecuadas en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y con las medidas de protección y prevención correspondientes.

#### **3.2.2. Características de la obra.**

Descripción de la obra y situación:

La situación de la obra a realizar y la descripción de la misma se recogen en la Memoria del presente proyecto.

##### **3.2.2.1. Suministro de energía eléctrica.**

El suministro de energía eléctrica provisional de obra será facilitado por la Empresa constructora proporcionando los puntos de enganche necesarios en el lugar del emplazamiento de la obra.

#### ***3.2.2.2. Suministro de agua potable.***

---

En caso de que el suministro de agua potable no pueda realizarse a través de las conducciones habituales, se dispondrán los medios necesarios para contar con la misma desde el principio de la obra.

#### ***3.2.2.3. Vertido de aguas sucias de los servicios higiénicos.***

---

Se dispondrá de servicios higiénicos suficientes y reglamentarios. Si es posible, las aguas fecales se conectarán a la red de alcantarillado existente en el lugar de las obras o en las inmediaciones.

Caso de no existir red de alcantarillado se dispondrá de un sistema que evite que las aguas fecales puedan afectar de algún modo al medio ambiente.

#### ***3.2.2.4. Interferencias y servicios afectados.***

---

No se prevé interferencias en los trabajos puesto que si bien la obra civil y el montaje pueden ejecutarse por empresas diferentes, no existe coincidencia en el tiempo. No obstante, si existe más de una empresa en la ejecución del proyecto deberá nombrarse un Coordinador de Seguridad y Salud integrado en la Dirección facultativa, que será quien resuelva en las mismas desde el punto de vista de Seguridad y Salud en el trabajo. La designación de este Coordinador habrá de ser sometida a la aprobación del Promotor.

En obras de ampliación y/o remodelación de instalaciones en servicio, deberá existir un coordinador de Seguridad y Salud que habrá de reunir las características descritas en el párrafo anterior, quien resolverá las interferencias, adoptando las medidas oportunas que puedan derivarse.

#### ***3.2.3. Memoria.***

---

Para el análisis de riesgos y medidas de prevención a adoptar, se dividen los trabajos por unidades constructivas dentro de los apartados de obra civil y montaje.

##### ***3.2.3.1. Obra civil.***

---

Descripción de la unidad constructiva, riesgos y medidas de prevención.

### ***3.2.3.1.1. Movimiento de tierras y cimentaciones.***

---

#### **a) Riesgos más frecuentes**

- Caídas a las zanjas.
- Desprendimientos de los bordes de los taludes de las rampas.
- Atropellos causados por la maquinaria.
- Caídas del personal, vehículos, maquinaria o materiales al fondo de la excavación.

#### **b) Medidas de preventivas**

- Controlar el avance de la excavación, eliminando bolos y viseras inestables, previniendo la posibilidad de lluvias o heladas.
- Prohibir la permanencia de personal en la proximidad de las máquinas en movimiento.
- Señalizar adecuadamente el movimiento de transporte pesado y maquinaria de obra.
- Dictar normas de actuación a los operadores de la maquinaria utilizada.
- Las cargas de los camiones no sobrepasarán los límites establecidos y reglamentarios.
- Establecer un mantenimiento correcto de la maquinaria.
- Prohibir el paso a toda persona ajena a la obra. Balizar, señalizar y vallar el perímetro de la obra, así como los puntos singulares en el interior de la misma.
- Establecer zonas de paso y acceso a la obra.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.
- Establecer las estribaciones en las zonas que sean necesarias.

### ***3.2.3.1.2. Estructura.***

---

#### **a) Riesgos más frecuentes**

- Caídas de altura de personas, en las fases de encofrado, desencofrado, puesta en obra del hormigón y montaje de piezas prefabricadas.
- Cortes en las manos.
- Pinchazos producidos por alambre de atar, hierros en espera, eslingas acodadas, puntas en el encofrado, etc.
- Caídas de objetos a distinto nivel (martillos, árido, etc.).
- Golpes en las manos, pies y cabeza.
- Electrocuciiones por contacto indirecto.

- Caídas al mismo nivel.
- Quemaduras químicas producidas por el cemento.
- Sobreesfuerzos.

#### **b) Medidas preventivas**

- Emplear bolsas porta-herramientas.
- Desencofrar con los útiles adecuados y procedimiento preestablecido.
- Suprimir las puntas de la madera conforme es retirada.
- Prohibir el trepado por los encofrados o permanecer en equilibrio sobre los mismos, o bien por las armaduras.
- Vigilar el izado de las cargas para que sea estable, siguiendo su trayectoria.
- Controlar el vertido del hormigón suministrado con el auxilio de la grúa, verificando el correcto cierre del cubo.
- Prohibir la circulación del personal por debajo de las cargas suspendidas.
- El vertido del hormigón en soportes se hará siempre desde plataformas móviles correctamente protegidas.
- Prever si procede la adecuada situación de las redes de protección, verificándose antes de iniciar los diversos trabajos de estructura.
- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará mediante clavijas adecuadas a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

#### **3.2.3.1.3. Cerramientos.**

##### **a) Riesgos más frecuentes**

- Caídas de altura.
- Desprendimiento de cargas-suspendidas.
- Golpes y cortes en las extremidades por objetos y herramientas.
- Los derivados del uso de medios auxiliares. (andamios, escaleras, etc.).

**b) Medidas de prevención**

- Señalizar las zonas de trabajo.
- Utilizar una plataforma de trabajo adecuada.
- Delimitar la zona señalizándola y evitando en lo posible el paso del personal por la vertical de los trabajos.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

**3.2.3.1.4. Albañilería.**

---

**a) Riesgos más frecuentes**

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Proyección de partículas al cortar ladrillos con la paleta.
- Proyección de partículas en el uso de punteros y cortafríos.
- Cortes y heridas.
- Riesgos derivados de la utilización de máquinas eléctricas de mano.

**b) Medidas de prevención**

- Vigilar el orden y limpieza de cada uno de los tajos, estando las vías de tránsito libres de obstáculos (herramientas, materiales, escombros, etc.).
- Las zonas de trabajo tendrán una adecuada iluminación.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.
- Utilizar plataformas de trabajo adecuadas.
- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.

**3.2.3.2. Montaje.**

---

Descripción de la unidad constructiva, riesgos y medidas de prevención y de protección.



### ***3.2.3.2.1. Colocación de soportes y embarrados..***

---

#### **a) Riesgos más frecuentes**

- Caídas al distinto nivel.
- Choques o golpes.
- Proyección de partículas.

#### **b) Medidas de prevención**

- Verificar que las plataformas de trabajo son las adecuadas y que dispongan de superficies de apoyo en condiciones.
- Verificar que las escaleras portátiles disponen de los elementos antideslizantes.
- Disponer de iluminación suficiente.
- Dotar de las herramientas y útiles adecuados.
- Dotar de la adecuada protección personal para trabajos mecánicos y velar por su utilización.
- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.

### ***3.2.3.2.2. Montaje de celdas prefabricadas o aparamenta, transformadores de potencia y cuadros de B.T.***

---

#### **a) Riesgos más frecuentes**

- Atrapamientos contra objetos.
- Caídas de objetos pesados.
- Esfuerzos excesivos.
- Choques o golpes.

#### **b) Medidas de prevención**

- Verificar que nadie se sitúe en la trayectoria de la carga.
- Revisar los ganchos, grilletes, etc., comprobando si son los idóneos para la carga a elevar.
- Comprobar el reparto correcto de las cargas en los distintos ramales del cable.

- Dirigir las operaciones por el jefe del equipo, dando claramente las instrucciones que serán acordes con el R.D.485/1997 de señalización.
- Dar órdenes de no circular ni permanecer debajo de las cargas suspendidas.
- Señalizar la zona en la que se manipulen las cargas.
- Verificar el buen estado de los elementos siguientes:
  - Cables, poleas y tambores
  - Mandos y sistemas de parada.
  - Limitadores de carga y finales de carrera.
  - Frenos.
  - Dotar de la adecuada protección personal para manejo de cargas y velar por su utilización.
- Ajustar los trabajos estrictamente a las características de la grúa (carga máxima, longitud de la pluma, carga en punta contrapeso). A tal fin, deberá existir un cartel suficientemente visible con las cargas máximas permitidas.
- La carga será observada en todo momento durante su puesta en obra, bien por el señalero o por el enganchador.

#### ***3.2.3.2.3. Operaciones de puesta en tensión.***

---

##### **a) Riesgos más frecuentes**

- Contacto eléctrico en A.T. y B.T.
- Arco eléctrico en A.T. y B.T.
- Elementos candentes.

##### **b) Medidas de prevención**

- Coordinar con la Empresa Suministradora definiendo las maniobras eléctricas necesarias.
- Abrir con corte visible o efectivo las posibles fuentes de tensión.
- Comprobar en el punto de trabajo la ausencia de tensión.
- Enclavar los aparatos de maniobra.
- Señalizar la zona de trabajo a todos los componentes de grupo de la situación en que se encuentran los puntos en tensión más cercanos.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

#### ***3.2.4. Aspectos generales.***

---

La Dirección Facultativa de la obra acreditará la adecuada formación y adiestramiento del personal de la Obra en materia de Prevención y Primeros Auxilios. Así mismo, comprobará que existe un plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente y que han sido contratados los servicios asistenciales adecuados.

La dirección de estos Servicios deberá ser colocada de forma visible en los sitios estratégicos de la obra, con indicación del número de teléfono.

#### ***3.2.4.1. Botiquín de obra.***

---

Se dispondrá en obra, en el vestuario o en la oficina, un botiquín que estará a cargo de una persona capacitada designada por la Empresa, con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente.

#### ***3.2.5. Normativa aplicable.***

##### ***3.2.5.1. Normas oficiales.***

---

- Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales del 8 de noviembre.
- Texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social. Decreto 2.65/1974 de 30 de mayo.
- R.D. 1627/1997, de 24 de octubre. Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.
- R.D.39/1997 de 17 de enero. Reglamento de los Servicios de Prevención.
- R.D. Lugares de Trabajo.
- R.D. Equipos de Trabajo.
- R.D. Protección Individual.
- R.D. Señalización de Seguridad.
- O.G.S.H.T. Título II, Capítulo VI.

#### ***3.2.6. Anexos.***

---

Riesgo y medidas de prevención y protección en cada fase del trabajo.

**ANEXO 1: PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE LAS TALACIONES**

ACTIVIDAD	RIESGO	ACCIÓN PREVENTIVA Y PROTECCIONES
<b>Pruebas y puesta en servicio. (Desconexión y protección en el caso de mantenimiento, retirada o desmontaje de instalaciones)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Golpes.</li> <li>- Heridas.</li> <li>- Caídas.</li> <li>- Atrapamientos.</li> <li>- Contacto eléctrico directo e indirecto en AT y BT.</li> <li>Elementos candentes y quemaduras.</li> <li>- Presencia de animales, colonias, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ver punto 1.4.4. (Protecciones)</li> <li>- Cumplimiento MO 12.05.02 al 05.</li> <li>- Mantenimientos equipos y utilización de EPI's.</li> <li>- Utilización de EPI's, Adecuación de cargas, control de maniobras y vigilancia continuada.</li> <li>- Ver punto 1.4.4</li> <li>- Prevención de aperturas de armarios, celdas, etc.</li> </ul>

## **ANEXO 2: CENTROS DE TRANSFORMACIÓN**

Centros de transformación aéreos (sobre apoyo y compactos).

### **1. ACTIVIDADES.**

- Acopio, carga y descarga de material nuevo y equipos y de material recuperado/chatarras.
- Excavación, hormigonado e instalación de los apoyos. (Desguace de los apoyos).
- Izado y montaje del transformador. (Izado y desmontaje del transformador).

### **2. RIESGOS DE CADA ACTIVIDAD.**

- Golpes, heridas, caídas de objetos, atrapamientos, presencia o ataques de animales. Impregnación o inhalación de sustancias peligrosas o molestas.
- Caídas al mismo nivel, caídas a diferente nivel, caídas de objetos, golpes y heridas, oculares, cuerpos extraños, riesgos ~ a terceros, sobreesfuerzos, e inicio de incendios por chispas.
- Caídas desde altura, desprendimientos de cargas, golpes y heridas, atrapamientos, caídas de objetos y contacto con PCB.
- Caídas desde altura, golpes y heridas, atrapamientos, caídas de objetos, sobreesfuerzos, riesgos a terceros y presencia, o ataque de animales.
- Caídas a nivel, caídas a diferente nivel, caídas de objetos, riesgos a terceros, riesgos de incendio, riesgo eléctrico, riesgo de accidente de tráfico y presencia o ataque de animales.
- Ver Anexo I.

### **3. ACCIONES PREVENTIVAS Y PROTECCIONES.**

- Mantenimiento equipos, utilización de EPI's, adecuación de las cargas, control de maniobras, vigilancia continuada, y revisión del entorno.
- Orden y limpieza, utilización de equipos de protección individual y colectiva, según. Normativa vigente, utilización de EPI.'s, vallado de seguridad, protección huecos, utilizar fajas de protección lumbar, control de maniobras y vigilancia continuada y racionalización de las labores.

- Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa vigente, revisión de los elementos de elevación y transporte, utilización de EPI's, control de maniobras y vigilancia continuada.
- Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa vigente, utilización de EPI's, control de maniobras y vigilancia continuada, utilizar fajas de protección lumbar, vigilancia continuada y señalización de riesgos y revisión del entorno.
- Seguir instrucciones del fabricante, actuar de acuerdo con lo indicado en las fases anteriores cuando sean similares, utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa vigente, utilización de EPI's, D vallado de seguridad, protección de huecos e información sobre tendido de conductores, empleo de equipos homologados para el llenado de depósito y transporte de gasoil, vehículos autorizados para el llenado, el grupo electrógeno estará en situación de parada, dotación de equipos para extinción de incendios, estar en posesión de los permisos, de circulación reglamentarios, ver Anexo I y revisión del entorno.
- Ver Anexo 1.

**ANEXO 2. BIS: CENTROS DE TRANSFORMACIÓN**

Centros de Transformación Lonja / subterráneos y otros usos.

**1. ACTIVIDADES**

- Acopio, carga y descarga de material nuevo y equipos de material recuperado/chatarras.
- Excavación, hormigonado y obras auxiliares.
- Montaje. (Desguace de aparamenta en general).
- Transporte, conexión y desconexión de motogeneradores auxiliares.
- Pruebas y puesta en servicio (Mantenimiento, desguace o recuperación de instalaciones).

**2. RIESGOS DE CADA ACTIVIDAD**

- Golpes, heridas, caídas de objetos, atropamientos, desprendimiento de cargas, presencia o ataque de animales, y presencia de gases.
- Caídas al mismo nivel, caídas a diferente nivel, caídas de objetos, desprendimientos, golpes y heridas, oculares, cuerpos extraños, riesgos a terceros, sobreesfuerzos y atrapamientos.
- Caídas desde altura, golpes y herida, atrapamientos, caídas de objetos, ataques de animales, e impregnación o inhalación de sustancias peligrosas o molestas.
- Caídas a nivel, caídas a diferente nivel, caídas de objetos, riesgos a terceros, riesgos de incendio, riesgo eléctrico y riesgo de accidente de tráfico.
- Ver Anexo I.

**3. ACCIONES PREVENTIVAS y PROTECCIONES**

- Mantenimiento equipos, adecuación de las cargas, control e maniobras, vigilancia continuada, utilización de EPI's, revisión del entorno y revisión de elementos de elevación y transporte, y revisión del entorno.
- Orden y limpieza, prever elementos de evacuación y rescate, utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa vigente, utilización de EPI's, entibamiento, vallado de seguridad, protección de huecos, información sobre posibles conducciones, utilizar fajas de protección lumbar y control de maniobras y vigilancia continuada.

- Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa vigente, utilización de EPI's, control de maniobras y vigilancia continuada, y revisión del entorno.
- Seguir instrucciones del fabricante, actuar de acuerdo con lo indicado en las fases anteriores cuando sean similares, utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa vigente, utilización de EPI's, vallado de seguridad, protección de huecos e información sobre tendido de conductores, empleo de equipos homologados para el llenado de depósito y transporte de gas oil. Vehículos autorizados para ello, empleo de equipos homologados para el llenado de depósito y transporte de gasoil. Vehículos autorizados para ello, para el llenado del Grupo Electrógeno estarán en situación de parada, dotación de equipos para extinción de incendios, estar en posesión de los permisos de circulación reglamentarios y ver Anexo I.
- Ver Anexo 1.



**ANEXO 3. SUBESTACIONES TRANSFORMADORA DE DISTRIBUCIÓN.**

**1. ACTIVIDADES**

- Acopio, carga y descarga de material nuevo y equipos y de material recuperado/chatarras.
- Excavación, hormigonado y obras auxiliares.
- Montaje (Desguace de apartamenta en general).
- Transporte conexión y desconexión de equipos de control y medida.
- Pruebas y puesta en servicio (Mantenimiento, desguace o recuperación de instalaciones).

**2. RIESGOS DE CADA ACTIVIDAD**

- Golpes, heridas, caídas de objetos, atrapamientos, desprendimiento de cargas, contacto eléctrico, exposición al arco eléctrico y presencia o ataque de animales.
- Caídas al mismo nivel, caídas- a diferente nivel, caídas de objetos, desprendimientos, golpes y heridas, oculares, cuerpos extraños, riesgos a terceros, sobreesfuerzos y atrapamientos.
- Caídas desde altura, golpes y heridas, atrapamientos, caídas de objetos, presencia de colonias o animales.
- Caídas a nivel, caídas a diferente nivel, caídas de objetos, riesgos a terceros, riesgos de incendio, riesgo eléctrico, riesgo de accidente de tráfico y presencia de animales o colonias.
- Ver Anexo I.

**3. ACCIONES PREVENTIVAS y PROTECCIONES**

- Mantenimiento equipos, utilización de EPI ' s, adecuación de las cargas, control de maniobras, vigilancia continuada, utilización de EPI's, revisión de elementos de elevación y transporte, cumplimiento MO 12.05.02 y revisión del entorno.
- Orden y limpieza, prever elementos de evacuación y rescate, utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa vigente, utilización de EPI's, entibamiento, vallado de seguridad, protección de huecos, información sobre posibles conducciones, utilizar fajas de protección lumbar y control de maniobras y vigilancia continuada.
- Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según normativa vigente, utilización de EPI's, control de maniobras y vigilancia continuada, y revisión del entorno.

- Seguir MO 12.05.03 al 05, seguir instrucciones del fabricante, actuar de acuerdo con lo indicado en las fases anteriores cuando sean similares, utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa vigente, utilización de EPI's, vallado de seguridad, protección de huecos e información sobre tendido de conductores, dotación de equipos para extinción de incendios, estar posición de los permisos de circulación reglamentarios, ver Anexo I y revisión del entorno.
- Ver Anexo I.

#### ANEXO 4. TRABAJOS EN TENSION

##### **A.DISPOSICIONES GENERALES**

**1.** Los trabajos en tensión deberán ser realizados por trabajadores cualificados, siguiendo un procedimiento previamente estudiado y, cuando su complejidad o novedad lo requiera, ensayado sin tensión, que se ajuste a los requisitos indicados a continuación. Los trabajos en lugares donde la comunicación sea difícil, por su orografía, confinamiento u otras circunstancias, deberán realizarse estando presentes, al menos, dos trabajadores con formación en materia de primeros auxilios.

Todos los trabajadores cualificados que intervengan en los trabajos en tensión deben estar adecuadamente entrenados en los métodos y procedimientos específicos utilizados en este tipo de trabajos.

La formación y entrenamiento de estos trabajadores debería incluir la aplicación de primeros auxilios a los accidentados por choque eléctrico así como los procedimientos de emergencia tales como el rescate de accidentados desde los apoyos de líneas aéreas o desde las «bocas de hombre» de acceso a lugares subterráneos o recintos cerrados.

**2.** El método de trabajo empleado y los equipos y materiales utilizados deberán asegurar la protección del trabajador frente al riesgo eléctrico, garantizando, en particular, que el trabajador no pueda contactar accidentalmente con cualquier otro elemento a potencial distinto al suyo.

Entre los equipos y materiales citados se encuentran:

- Los accesorios aislantes (pantallas, cubiertas, vainas, recubrimiento de partes activas o masas.
- Los útiles aislantes o aislados (herramientas, pinzas, puntas de prueba, etc.).
- Las pértigas aislantes.
- Los dispositivos aislantes o aislados (banquetas, alfombras, plataformas de trabajo, etc.).
- Los equipos de protección individual frente a riesgos eléctricos (guantes, gafas, cascos, etc.)

Existen tres métodos de trabajo en tensión para garantizar la seguridad de los trabajadores que los realizan:

- a.** Método de trabajo a potencial, empleado principalmente en instalaciones y líneas de transporte de alta tensión.
- b.** Método de trabajo a distancia, utilizado principalmente en instalaciones de alta tensión en la gama media de tensiones.
- c.** Método de trabajo en contacto con protección aislante en las manos, utilizado principalmente en baja tensión, aunque también se emplea en la gama baja de alta tensión.

Dentro de cada uno de dichos métodos es preciso desarrollar procedimientos específicos para cada tipo de trabajo a realizar, por ejemplo: sustitución de aislamientos de cadena, conexión o desconexión de derivaciones, sustitución de apoyos, etc.

En alta tensión, estos procedimientos deberán plasmarse por escrito, de forma que la empresa pueda disponer de un repertorio de procedimientos específicos sancionados por la práctica. En el caso de que se solicite un trabajo en tensión para el que no disponga de un procedimiento probado, será necesario estudiar minuciosamente la forma de realizarlo con garantías de seguridad. El nuevo procedimiento debe ser ensayado previamente sin tensión cuando su complejidad o novedad lo requiera, tal como se indica en el presente Anexo.

Equipos de protección individual requeridos:

- Casco de seguridad aislante con barboquejo
- Gafas o pantalla facial adecuadas al arco eléctrico y/o inactivas.
- Arnés o cinturón de seguridad
- Guantes de protección contra riesgos mecánicos

Otros equipos complementarios

- Ropa de trabajo
- Calzado de trabajo bajo en contacto

**3.** A efectos de lo dispuesto en el apartado anterior, los equipos y materiales para la realización de trabajos en tensión se elegirán, de entre los concebidos para tal fin, teniendo en cuenta las características del trabajo y de los trabajadores y, en particular, la tensión de servicio, y se utilizarán, mantendrán y revisarán siguiendo las instrucciones de su fabricante. En cualquier caso, los equipos y materiales para la realización de trabajos en tensión se ajustarán a la normativa específica que les sea de aplicación.

Como ya se ha dicho, todos los equipos utilizados en los distintos métodos de trabajo en tensión deben ser elegidos entre los diseñados específicamente para este fin, de acuerdo con la normativa legal y/o técnica que les resulte de aplicación.

Por otra parte, dichos equipos deben ser revisados y mantenidos de acuerdo con las instrucciones del fabricante. En particular, los equipos deben ser mantenidos perfectamente limpios y libres de humedad antes y durante su utilización.

En el caso de los trabajos en alta tensión, se recomienda que cada equipo de trabajo y de protección individual tenga una ficha técnica donde se indique lo siguiente:

- Su campo de aplicación (método de trabajo en tensión)
- Sus límites de utilización (tensiones máximas, etc.)
- Los requisitos de mantenimiento y conservación
- Los ensayos o controles requeridos y su periodicidad

Los materiales aislantes y las herramientas aisladas deben ser guardados en lugares secos y su transporte al lugar de trabajo debe hacerse en estuches o fundas que garanticen su protección. Asimismo, en el lugar de trabajo deben ser colocados sobre soportes o lonas impermeables a salvo del polvo y la humedad.

Antes de su utilización se deben limpiar cuidadosamente, para eliminar de la superficie cualquier rastro de polvo o humedad. Las cuerdas aislantes no deben ser utilizadas si no hay garantías de que están bien secas y limpias. Del mismo modo, los equipos de protección individual deben guardarse en lugares secos y transportarse en estuches o fundas adecuadas.

En todo caso, los referidos equipos de trabajo deben cumplir las disposiciones del RD 1215/1997, de 18 de julio, sobre equipos de trabajo.

### **NORMAS TÉCNICAS APLICABLES A DIVERSOS EQUIPOS DE TRABAJO**

#### **Útiles aislantes y aislados:**

- UNE – EN 60900:1994 y anexo A1 : 1996 y anexo A11: 1998. Herramientas manuales para trabajos en tensión hasta 1000 V en corriente alterna y 1500 V en corriente continua.
- UNE-EN 60832: 1998.- Pértigas aislantes y herramientas para cabezal universal para trabajos en Tensión.
- UNE-EN 60855: 1998 + Errata:1998.- Tubos aislantes rellenos de espuma y barras aislantes macizas para trabajos en tensión.
- UNE-EN 61235: 1996 + Errata:1997.- Trabajos en tensión. Tubos huecos aislantes para trabajos eléctricos.
- UNE-21731-191.- Pértigas aislantes y herramientas para cabezal universal para trabajos en tensión.

- UNE 21 706 90.- Tubos aislantes rellenos de espuma y pértigas aislantes macizas para trabajos en alta tensión.

**Dispositivos avilantes:**

- UNE 204 001:1999.- Banquetas aislantes para trabajos eléctricos.
- UNE-EN 61478:2002.- Trabajos en tensión. Escaleras de material aislante.
- UNE-EN 61057:1996.- Elevadores de brazo aislante utilizados para los trabajos en tensión superior a 1 KV en corriente alterna.

**Accesorios aislantes para recubrimientos de partes activas:**

- UNE-EN 61479. Trabajos en tensión. Cubiertas flexibles de material aislante para conductores.
- UNE-EN 60674-1: 1998.- Especificaciones para películas plásticas para usos eléctricos.

**Definiciones y requisitos generales.**

- UNE-EN 61229: 1996 + A1:1998.- Protectores rígidos para trabajos en tensión en instalaciones de corriente alterna.

**Otras Normas relacionadas:**

- UNE-EN 50186-1. Sistemas de limpieza de líneas en tensión para instalaciones eléctricas con tensiones nominales superiores a 1 kV. Parte 1. Condiciones generales.
- UNE 204002-IN. Trabajos en tensión. Instalación de conductores de líneas de distribución. Equipos de tendido de accesorios.
- UNE-EN 60743: 1997. Terminología para las herramientas y equipos a utilizar en los trabajos en tensión.

**Normativa aplicable a los equipos de protección individual.**

Los equipos de protección individual deben cumplir dos clases de normas legales:

A. Normas relativas a su utilización

B. Normas relativas a su comercialización

A. Normas relativas a su utilización

Con respecto a su utilización, los equipos de protección individual están sujetos al cumplimiento del Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

En este Real Decreto se establecen las disposiciones mínimas relativas al empleo de equipos de protección individual, las condiciones generales que deben reunir y los criterios para su elección, utilización y mantenimiento. También se especifican las obligaciones del empresario en materia de información y formación de los trabajadores.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo ha editado la «Guía técnica sobre utilización de equipos de protección individual», destinada a desarrollar los aspectos técnicos de dicho Real Decreto.

B. Normas relativas a su comercialización

Con respecto a su comercialización, los equipos de protección individual deben cumplir el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre y sus modificaciones (Real Decreto 159/1995, de 3 de febrero, y Orden de 20 de febrero de 1997).

En dicha normativa, se establecen las condiciones de comercialización y de libre circulación intracomunitaria, así como las exigencias esenciales de sanidad y seguridad que deben cumplir estos equipos para preservar la salud y garantizar la seguridad de los usuarios.

El apartado 3.8 del Anexo 11 del citado Real Decreto 1407/1992 establece las exigencias esenciales para los EPI contra riesgos eléctricos, referidas a los siguientes aspectos:

Deben poseer un aislamiento adecuado a las tensiones a las que los usuarios tengan que exponerse en las condiciones más desfavorables.

Los materiales y demás componentes se elegirán de tal manera que la corriente de fuga, medida a través de la cubierta protectora con tensiones similares a las que se puedan dar «in situ», sea lo más baja posible y siempre inferior a un valor convencional máximo admisible en correlación con un umbral de tolerancia.

Los tipos de EPI que vayan a utilizarse exclusivamente en trabajos o maniobras en instalaciones con tensión eléctrica o que puedan llegar a estar bajo tensión, llevarán una marca (al igual que en su cobertura protectora) que indique, especialmente, el tipo de protección y/o la tensión de utilización correspondiente, además de otros requisitos

especificados en esta disposición, así como espacios previstos para las puestas en servicio o las pruebas y controles periódicos.

De acuerdo con la clasificación que se establece para los equipos de protección individual, los destinados a proteger contra los riesgos eléctricos para los trabajos realizados bajo tensiones peligrosas deben llevar, además del preceptivo marcado CE, el número del organismo notificado que realiza el control del producto final.

También se establece la obligación del fabricante de entregar un folleto informativo, en el idioma del país de utilización, con los equipos de protección individual comercializados en el cual, además del nombre y la dirección del fabricante se debe indicar toda la información útil sobre:

- Instrucciones de almacenamiento, uso, limpieza, mantenimiento, revisión y desinfección.
- Rendimientos alcanzados en los exámenes técnicos dirigidos a la verificación de los grados o clases de protección.
- Accesorios que se pueden utilizar y características de las piezas de repuesto adecuadas.
- Clases de protección adecuadas a los diferentes niveles de riesgo y límites de uso correspondientes.
- Fecha o plazo de caducidad del equipo o de algunos de sus componentes.
- Lipa de embalaje adecuado para transportar los equipos.
- Explicación de las marcas si las hubiere.

Los trabajadores, a través de los Delegados de Prevención adecuadamente asesorados, tienen derecho a participar en la elección de dichos equipos.

### **NORMAS TÉCNICAS APLICABLES A LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL**

- UNE-EN 50237:1998.- Guantes y manoplas con protección mecánica para trabajos eléctricos.
- UNE-EN 50321.- Calzado aislante de la electricidad para uso en instalaciones de baja tensión.
- UNE-EN 50286:2000.- Ropa aislante de protección para trabajos en instalaciones de baja tensión.
- UNE-EN 60895: 1998.- Ropa conductora para trabajos en tensión hasta 800 kV de tensión nominal en corriente alterna.
- UNE-EN 60903/A 11:1997.- Guantes y manoplas de material aislante para trabajos eléctricos.
- UNE-EN 60903:2000.- Guantes y manoplas de material aislante para trabajos eléctricos
- UNE-EN 60984:1995.- Manguitos de material aislante para trabajos en tensión.



## **B. DISPOSICIONES-ADICIONALES PARA TRABAJOS EN ALTA TENSIÓN**

1. El trabajo se efectuará bajo la dirección y vigilancia de un jefe de trabajo, que será el trabajador cualificado que asume la responsabilidad directa del mismo; si la amplitud de la zona de trabajo no le permitiera una vigilancia adecuada, deberá requerir la ayuda de otro trabajador cualificado.

El jefe de trabajo se comunicará con el responsable, de la instalación donde se realiza el trabajo, a fin de adecuar las condiciones de la instalación a las exigencias del trabajo.

2. Los trabajadores cualificados deberán ser autorizados por escrito por el empresario para realizar el tipo de trabajo que vaya a desarrollarse, tras comprobar su capacidad para hacerla correctamente, de acuerdo al procedimiento establecido, el cual deberá definirse por escrito e incluir la secuencia de las operaciones a realizar, indicando, en cada caso:

- Las medidas de seguridad que deben adaptarse.
- El material y medios de protección a utilizar y, si es preciso, las instrucciones para su uso y para la verificación de su buen estado.
- Las circunstancias que pudieran exigir la interrupción del trabajo.

3. La autorización, tendrá que renovarse, tras una nueva comprobación de la capacidad del trabajador para seguir correctamente el procedimiento de trabajo establecido, cuando éste cambie significativamente, o cuando el trabajador haya dejado de realizar el tipo de trabajo en cuestión durante un período de tiempo superior a un año.

La autorización deberá retirarse cuando se observe que el trabajador incumple las normas de seguridad, o cuando la vigilancia de la salud ponga de manifiesto que el estado a la situación transitoria del trabajador no se adecua a las exigencias psicofísicas requeridas por el tipo de trabajo a desarrollar.

Cuando se trata de instalaciones de alta tensión, la realización de cualquier trabajo en tensión, cualquiera que sea el método elegido, debe estar basado en la aplicación de un «procedimiento de ejecución» elaborado por personal competente de la empresa. Dicho procedimiento debe estar documentado y en él debe especificarse, al menos, lo siguiente: las medidas de seguridad que deben adaptarse, el material y los medios de protección que han de ser utilizados y las circunstancias que pueden requerir la interrupción del trabajo.

El procedimiento debe describir las sucesivas etapas del trabajo y detallar, en cada una de ellas, las distintas operaciones elementales que hayan de realizarse y la manera de ejecutarlas de forma segura.

Cuando el responsable de la instalación solicite a un jefe de Trabajo la ejecución de un «trabajo en tensión» debería proporcionarle el mencionado «procedimiento de ejecución» junto con la «autorización de trabajo en tensión» en la que se especificará el lugar de trabajo, las fechas de su realización y el régimen especial en que funcionará la instalación durante los trabajos.

El jefe de Trabajo, antes de iniciar el trabajo, deberá comunicarse con el responsable de la instalación para verificar que éste ha tomado las medidas necesarias para dejar la instalación en la situación prevista para permitir la realización de los trabajos. Así mismo, se deberá habilitar un sistema de comunicación con el lugar de trabajo que permita solicitar las maniobras necesarias en caso de emergencia.

Por otra parte, el Jefe de Trabajo deberá reunir previamente a los operarios involucrados con el fin de exponerles el citado «procedimiento de ejecución» previamente elaborado, debatiendo con ellos los detalles hasta asegurarse de que todos lo han entendido correctamente.

Así mismo, durante la ejecución del trabajo el Jefe de Trabajo debe controlar en todo momento su desarrollo para asegurarse de que se realiza de acuerdo con el citado «procedimiento de ejecución». En particular, deberá asegurarse de que la zona de trabajo está señalizada y/o delimitada adecuadamente, siempre que exista la posibilidad de que otro trabajador o persona ajena penetre en dicha zona y acceda a elementos en tensión.

También deberá asegurarse de que ningún trabajador se 'coloque en posición de poder rebasar las distancias de seguridad mientras realiza las operaciones encomendadas. Si la extensión de la zona de trabajo no le permitiera realizar dicha vigilancia de forma correcta, debe pedir la ayuda de otro trabajador cualificado, con autorización escrita para trabajar en tensión en alta tensión.

Por otro lado, en los trabajos en tensión es primordial que todos y cada uno de los trabajadores se encuentren en condiciones físicas y mentales adecuadas para prevenir cualquier acto fuera de control que pueda poner en peligro su seguridad o la de sus compañeros.

El empresario debe autorizar por escrito a sus trabajadores cualificados para el tipo de trabajo a desarrollar. Estas autorizaciones deberían constar en un archivo destinado a facilitar su control.

Así mismo, el empresario deberá certificar que cada uno de los trabajadores ha realizado el entrenamiento requerido y ha superado satisfactoriamente las correspondientes pruebas teóricas y prácticas. Las certificaciones deberían estar registradas en un archivo destinado a facilitar su control.

# ***Plan de Gestión de los Residuos.***

**ÍNDICE DEL PLAN DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS.**

**4. PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS. --- 3**

---

**4.1 Identificación de los residuos (según OMAM/304/2002). --- 23**

**4.1.1. Generalidades. --- 3**

**4.1.2. Definiciones. --- 4**

**4.1.3. Clasificación y descripción de los residuos. --- 6**

**4.1.3.1. RCDs de Nivel I. --- 6**

**4.1.3.2. RCDs de Nivel II. --- 6**

---

**4.2. MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE RESIDUOS. --- 7**

---

**4.2.1. Prevención en Tareas de Derribo. --- 7**

**4.2.2. Prevención en la Adquisición de Materiales. --- 7**

**4.2.3. Prevención en la Puesta en Obra. --- 8**

**4.2.4. Prevención en el Almacenamiento en Obra. --- 8**

---

**4.3. CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION. --- 8**

---

**4.3.1. Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos. --- 9**

**4.3.2. Madera. Vidrio y plástico. --- 9**

**4.3.3. Mezclas bituminosas, alquitrán de hulla y otros productos alquitranados. --- 9**

**4.3.4. Metales (incluidas sus aleaciones). --- 10**

**4.3.5. Tierra (incluida excavada de zonas contaminadas), piedras y lodos de drenaje. --- 10**

---

**4.3.6. Materiales de aislamiento y materiales de construcción contienen amianto. --- 10**

**4.3.7. Materiales de construcción a partir del yeso. --- 11**

**4.3.8. Otros residuos de construcción y demolición. --- 11**

---

**4.4. IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCION. --- 11**

---

**4.5. Estimación de la cantidad de RCD´s. --- 13**

**4.6. Estimación del coste de tratamiento de los RCD´s. --- 15**

**4.7. Medidas para la Separación en Obra. --- 17**

**4.8. Medidas de segregación "in situ". --- 18**

**4.9. Previsión de reutilización en la misma obra u otros emplazamientos. --- 18**

**4.10. Operaciones de valorización "in situ". --- 18**

**4.11. Destino previsto para los residuos. --- 18**

**4.12. Pictogramas de Peligro. --- 20**

---

#### **4. PLAN DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS.**

##### **4.1. Identificación de los residuos (según OMAM/304/2002).**

Se va a proceder a la apertura de zanjas y tendido de líneas de Media y Baja Tensión para la posterior electrificación de un polígono residencial compuesto de edificios, viviendas unifamiliares con equipamiento educativo y social.

De acuerdo con la Orden 2690/2006 de ORDEN 2690/2006, de 28 de julio, del Consejero de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, por la que se regula la gestión de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad de Madrid, se presenta el presente Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.

##### **4.1.1. Generalidades.**

Los trabajos de construcción de una obra dan lugar a una amplia variedad de residuos, los cuales sus características y cantidad dependen de la fase de construcción y del tipo de trabajo ejecutado.

Así, por ejemplo, al iniciarse una obra es habitual que haya que derribar una construcción existente y/o que se deban efectuar ciertos movimientos de tierras. Durante la realización de la obra también se origina una importante cantidad de residuos en forma de sobrantes y restos diversos de embalajes.

Es necesario identificar los trabajos previstos en la obra y el derribo con el fin de contemplar el tipo y el volumen de residuos se producirán, organizar los contenedores e ir adaptando esas decisiones a medida que avanza la ejecución de los trabajos. En efecto, en cada fase del proceso se debe planificar la manera adecuada de gestionar los residuos, hasta el punto de que, antes de que se produzcan los residuos, hay que decidir si se pueden reducir, reutilizar y reciclar.

La previsión incluso debe alcanzar a la gestión de los residuos del comedor del personal y de otras actividades, que si bien no son propiamente la ejecución material se originarán durante el transcurso de la obra: reciclar los residuos de papel de la oficina de la obra, los toners y tinta de las impresoras y fotocopadoras, los residuos biológicos, etc.

En definitiva, ya no es admisible la actitud de buscar excusas para no reutilizar o reciclar los residuos, sin tomarse la molestia de considerar otras opciones.

#### 4.1.2. Definiciones.

Para un mejor entendimiento de este documento se realizan las siguientes definiciones dentro del ámbito de la gestión de residuos en obras de construcción y demolición:

- **Residuo:** Según la ley 10/98 se define residuo a cualquier sustancia u objeto del que su poseedor se desprenda o del que tenga la intención u obligación de desprenderse.
- **Residuo peligroso:** Son materias que en cualquier estado físico o químico contienen elementos o sustancias que pueden representar un peligro para el medio ambiente, la salud humana o los recursos naturales. En última instancia, se considerarán residuos peligrosos los indicados en la "Orden MAM/ 304/ 2002 por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos" y en el resto de normativa nacional y comunitaria. También tendrán consideración de residuo peligroso los envases y recipientes que hayan contenido residuos o productos peligrosos.
- **Residuos no peligrosos:** Todos aquellos residuos no catalogados como tales según la definición anterior.
- **Residuo inerte:** Aquel residuo No Peligroso que no experimenta transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas, no es soluble ni combustible, ni reacciona física ni químicamente ni de ninguna otra manera, no es biodegradable, no afecta negativamente a otras materias con las cuales entra en contacto de forma que pueda dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. La lixivialidad total, el contenido de contaminantes del residuo y la eco toxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes y en particular no deberán suponer un riesgo para la calidad de las aguas superficiales o subterráneas.
- **Residuo de construcción y demolición:** Cualquier sustancia u objeto que cumpliendo con la definición de residuo se genera en una obra de construcción y de demolición.
- **Código LER:** Código de 6 dígitos para identificar un residuo según la Orden MAM/304/2002.
- **Productor de residuos:** La persona física o jurídica titular de la licencia urbanística en una obra de construcción o demolición; en aquellas obras que no precisen de licencia urbanística, tendrá la consideración de productor de residuos la persona física o jurídica titular del bien inmueble objeto de una obra de construcción o demolición.
- **Poseedor de residuos de construcción y demolición:** La persona física o jurídica que tenga en su poder los residuos de construcción y demolición y que no ostente la condición de

gestor de residuos. En todo caso, tendrá la consideración de poseedor la persona física o jurídica que ejecute la obra de construcción o demolición, tales como el constructor, los subcontratistas o los trabajadores autónomos.

En todo caso, no tendrán la consideración de poseedor de residuos de construcción y demolición los trabajadores por cuenta ajena.

- **Volumen aparente:** Volumen total de la masa de residuos en obra, espacio que ocupan acumulados sin compactar con los espacios vacíos que quedan incluidos entre medio. En última instancia, es el volumen que realmente ocupan en obra.
- **Volumen real:** Volumen de la masa de los residuos sin contar espacios vacíos, es decir, entendiendo una teórica masa compactada de los mismos.
- **Gestor de residuos:** La persona o entidad pública o privada que realice cualquiera de las operaciones que componen la gestión de los residuos, sea o no el productor de los mismos. Han de estar autorizados o registrados por el organismo autonómico correspondiente.
- **Destino final:** Cualquiera de las operaciones de valorización y eliminación de residuos enumeradas en la "Orden MAM/304/2002 por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos".
- **Reutilización:** El empleo de un producto usado para el mismo fin para el que fue diseñado originariamente.
- **Reciclado:** La transformación de los residuos, dentro de un proceso de producción para su fin inicial o para otros fines, incluido el compostaje y la biometanización, pero no la incineración con recuperación de energía.
- **Valorización:** Todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.
- **Eliminación:** Todo procedimiento dirigido, bien al vertido de los residuos o bien a su destrucción, total o parcial, realizado sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.



#### **4.1.3. Clasificación y descripción de los residuos.**

##### **4.1.3.1. RCDs de Nivel I.**

---

Residuos generados por el desarrollo de las obras de infraestructura de ámbito local o supramunicipal contenidas en los diferentes planes de actuación urbanística o planes de desarrollo de carácter regional, siendo resultado de los excedentes de excavación de los movimientos de tierra generados en el transcurso de dichas obras. Se trata, por tanto, de las tierras y materiales pétreos, no contaminados, procedentes de obras de excavación.

##### **4.1.3.2. RCDs de Nivel II.**

---

Residuos generados principalmente en las actividades propias del sector de la construcción, de la demolición, de la reparación domiciliaria y de la implantación de servicios. Son residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas.

Los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las que entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. Se contemplan los residuos inertes procedentes de obras de construcción y demolición, incluidos los de obras menores de construcción y reparación domiciliaria sometidas a licencia municipal o no.

Los residuos generados serán tan solo los marcados a continuación de la Lista Europea establecida en la Orden MAM/304/2002. No se consideraran incluidos en el computo general los materiales que no superen 1m<sup>3</sup> de aporte y no sean considerados peligrosos y requieran por tanto un tratamiento especial.

La inclusión de un material en la lista no significa, sin embargo, que dicho material sea un residuo en todas las circunstancias. Un material sólo se considera residuo cuando se ajusta a la definición de residuo de la letra a) del artículo 1 de la Directiva 75/442/CEE, es decir, cualquier sustancia u objeto del cual se desprenda su poseedor o tenga la obligación de desprenderse en virtud de las disposiciones nacionales en vigor.

Requisitos legales:

- Ley 42/75 de 19 de noviembre de Desechos y Residuos sólidos urbanos.
- Ley 10/98 de 21 de abril de Residuos.
- RD 1481/2001 de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2000-2006, 12 de julio de 2001.
- Directiva 99/31/CE del Consejo, de 26 de abril, relativa al vertido de residuos.
- Listado de los códigos LER de los residuos de construcción y demolición.

Se garantizará en todo momento:

- Comprar la cantidad justa de materias para la construcción, evitando adquisiciones masivas, que provocan la caducidad de los productos, convirtiéndolos en residuos.
- Evitar la quema de residuos de construcción y demolición.
- Evitar vertidos incontrolados de residuos de construcción y demolición.
- Habilitar una zona para acopiar los residuos inertes, que no estará en:
  - Cauces.
  - Vaguadas.
  - Lugares a menos de 100 m. de las riberas de los ríos.
  - Zonas cercanas a bosques o áreas de arbolado.
  - Espacios públicos.
- Los residuos de construcción y demolición inertes se trasladarán al vertedero, ya que es la solución ecológicamente más económica.
- Antes de evacuar los escombros se verificará que no esten mezclados con otros residuos.
- Reutilizar los residuos de construcción y demolición:
  - Las tierras y los materiales pétreos exentos de contaminación en obras de construcción, restauración, acondicionamiento o relleno.
  - Los procedentes de las obras de infraestructura incluidos en el Nivel I, en la restauración de áreas degradadas por la actividad extractiva de canteras o graveras, utilizando los planes de restauración.

#### **4.2. MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE LOS RESIDUOS.**

##### **4.2.1. Prevención en Tareas de Derribo.**

---

- Como norma general, el derribo se iniciará con los residuos peligrosos, posteriormente los residuos destinados a reutilización, tras ellos los que se valoricen y finalmente los que se depositarán en vertedero.
- Dado que se prevé la utilización de técnicas de derribo masivo, se garantizará previo al inicio de estos trabajos, que han sido retirados todos los residuos peligrosos y, en su caso, aquellos elementos destinados a reutilización.

##### **4.2.2. Prevención en la Adquisición de Materiales.**

---

- Se requerirá a las empresas suministradoras a que reduzcan al máximo la cantidad y volumen de embalajes priorizando aquellos que minimizan los mismos.
- Se priorizará la adquisición de productos "a granel" con el fin de limitar la aparición de residuos de envases en obra.

- Aquellos envases o soportes de materiales que puedan ser reutilizados como los palés, se evitará su deterioro y se devolverán al proveedor.

#### ***4.2.3. Prevención en la Puesta en Obra.***

---

- Se vaciarán por completo los recipientes que contengan los productos antes de su limpieza o eliminación, especialmente si se trata de residuos peligrosos.
- Se agotará la vida útil de los medios auxiliares propiciando su reutilización en el mayor número de obras para lo que se extremarán las medidas de mantenimiento.
- Todo personal involucrado en la obra dispondrá de los conocimientos mínimos de prevención de residuos y correcta gestión de ellos.

#### ***4.2.4. Prevención en el Almacenamiento en Obra.***

---

- Se realizará un almacenamiento correcto de todos los acopios evitando que se produzcan derrames, mezclas entre materiales, exposición a inclemencias meteorológicas, roturas de envases o materiales, etc.
- Se extremarán los cuidados para evitar alcanzar la caducidad de los productos sin agotar su consumo.
- Los responsables del acopio de materiales en obra conocerán las condiciones de almacenamiento, caducidad y conservación especificadas por el fabricante o suministrador para todos los materiales que se reciban en obra.
- Los residuos catalogados como peligrosos deberán almacenarse en un sitio especial que evite que se mezclen entre sí o con otros residuos no peligrosos derivados del yeso que los contaminen mermando sus prestaciones.

#### ***4.3. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.***

---

Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valoración y eliminación de residuos y lista europea de residuos.

#### 4.3.1. Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos.

Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos	
01 01	Hormigón
01 02	Ladrillo
01 03	Tejas y materiales cerámicos
01 06	Mezclas, o fracciones separadas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, que contienen sustancias peligrosas.
01 07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas a las especificada en el código

#### 4.3.2. Madera Vidrio y Plástico.

Madera Vidrio y Plástico	
02 01	Madera
02 02	Vidrio
02 03	Plástico
02 04	Vidrio, plástico y madera que contienen sustancias peligrosas o estén contaminados por ellas.

#### 4.3.3. Mezclas bituminosas, alquitrán de hulla y otros productos alquitranados.

Mezclas bituminosas, alquitrán de hulla y o productos alquitranados.	
03 01	Mezclas bituminosas que contienen alquitrán de hulla.
03 02	Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01.
03 03	Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01.

#### 4.3.4. Metales (incluidas sus aleaciones).

Metales	
04 01	Cobre, bronce, latón
04 02	Aluminio
04 03	Plomo
04 04	Zinc
04 05	Hierro y acero
04 06	Estaño
04 07	Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas
04 09	Cables que contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras sustancias peligrosas.
04 10	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10.

#### 4.3.5. Tierra (incluida la excavada de zonas contaminadas), piedras y lodos de drenaje.

Tierra	
05 03	Tierra y piedras que contienen sustancias peligrosas.
05 04	Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03.
05 05	Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas.
05 06	Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 05.
05 07	Balasto de vías férreas que contienen sustancias peligrosas.
05 08	Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07.

#### 4.3.6. Materiales de aislamiento y materiales de construcción que contienen amianto.

Materiales de aislamiento y construcción (amianto)	
06 01	Materiales de aislamiento que contienen amianto.
06 03	Otros materiales de aislamiento que consisten en, o contienen, sustancias peligrosas.
06 04	Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03.
06 05	Materiales de construcción que contienen amianto

#### 4.3.7. Materiales de construcción a partir de yeso.

Material de construcción del yeso	
07 01	Materiales de construcción a partir de yeso contaminados con sustancias peligrosas
07 02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos de los especificados en el código 17 08 01.

#### 4.3.8. Otros residuos de construcción y demolición.

Otros residuos de construcción y demolición	
08 01	Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio.
08 02	Residuos de construcción y demolición que contienen PCB (por ejemplo, sellantes que contienen PCB, revestimientos de suelo a partir de resinas que contienen PCB, acristalamientos dobles que contienen PCB, condensadores que contienen PCB).
08 03	Otros residuos de construcción y demolición (incluidos los residuos mezclados) que contienen sustancias peligrosas.
08 04	Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 170901, 17 09 02 y 17 09 03.

#### 4.4. IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN.

De todos los residuos contemplados en la Orden, los que previsiblemente se generarán durante el transcurso de esta obra serán los siguientes:

TIERRAS Y PETRÉOS DE LA ESCAVACIÓN	
17 05 04	Tierras y piedras distintas de la especificadas en el código 17 05 03
17 05 06	Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 06
17 05 08	Balastro de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07

Restos RDc: Naturaleza no pétreo	
1.ASFALTO	
17 03 02	Mezclas bituminosas distintas a las del código 17 03 01
2.MADERA	
17 02 01	<b>Madera</b>
3.METALES	
17 04 01	<b>Cobre, bronce, latón</b>
17 04 02	<b>Aluminio</b>
17 04 03	Plomo
17 04 04	Zinc
17 04 05	Hierro y Acero
17 05 06	Estaño
17 05 06	<b>Metales mezclados</b>
17 05 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10
4.PAPEL	
20 01 01	<b>Papel</b>
5.VIDRIO	
17 02 03	Vidrio
6.PLÁSTICO	
17 02 02	<b>Plástico</b>
7.YESO	
17 08 02	<b>Materiales de construcción a partir de yesos distintos a lo largo del código</b>

Restos RDc: Naturaleza pétreo	
1.ARENA, GRAVA Y OTROS ÁRIDOS	
01 04 08	<b>Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01 04 07</b>
01 04 09	<b>Residuos de arena y arcilla</b>
2.HORMIGÓN	
17 01 01	<b>Hormigón</b>
3.LADRILLOS, AZULEJOS Y OTROS CERÁMICOS	
17 01 02	<b>Ladrillos</b>
17 01 03	Tejas y materiales cerámicos
17 01 07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintos a los especificados
4.PIEDRA	
17 09 04	<b>RDCs mezclados distintos a los del código 17 09 01-02-03</b>

Restos RDc: Basuras. Potencialmente peligrosos y otros	
1.BASURAS	
20 02 01	Residuos biodegradables
20 03 01	Mezcla de residuos municipales

4.5. Estimación de la cantidad de RCD ´s.

1.DATOS GENERALES DEL PROYECTO	
Tipología de obra	Otros
Superficie total construida	2884.72 m2
Volumen estimado de tierras de excavación	2352.32m2
Factor de estimación total de RCDs	0.20m3/m2
Densidad media de los materiales	1.25 T/m2
Factor medio de esponjamiento de RCDs	1.25
Factor medio de esponjamiento de tierras	1.15
Presupuesto estimado de la obra	900000.00 €

El volumen de tierras procedentes de excavación de zanjas, se calcula en 2352.32 m3, siendo en su mayor parte tierra limpia, y roca disgregada. Íntegramente se utilizará para relleno en la propia parcela.

2.EVALUACIÓN GLOBAL DE RCDs					
	S	V	d	R	T
	Superficie consturída	Volumen aparente RCDs	Densidad media de los RCDs	Previsión de reciclaje en %	Toneladas estimadas RCDs
Tierras y pétreos de la excavación estimasdos directamente desde los datos del proyecto	-	2352 m3	1.25 T/m3	30.00%	2367 T
RCDs distintos de los anteriores evaluados mediante estimaciones porcentuales	2885m2	577 m3	1.25 T/m3	-	901 T



3.EVALUACIÓN TEÓRICA DEL PESO POR TIPOLOGÍA DE RCDs					
	%	Tn	d	R	Vt
	% del peso total	Toneladas brutas de cada tipo de RCD	Densidad media (T/m3)	Previsión del reciclaje en %	Volumen neto de residuos (m3)
RCD: Naturaleza no pétreo					
1.Asfalto	0.00%	0.00	1.30	0.00%	0.00
2.Madera	4.42%	39.84	0.60	5.00%	63.09
3.Metales	2.76%	24.90	1.50	5.00%	15.77
4.Papel	0.33%	2.99	0.90	0.00%	3.32
5.Plástico	1.66%	14.94	0.90	0.00%	16.60
6.Vidrio					
7.Yeso	0.22%	1.99	1.20	0.00%	1.66
Subtotal estimación	9.39%	84.67	1.13	3.97%	100.44
RCD: Naturaleza pétreo					
1. Arena, grava y otros áridos.	4.42%	39.84	1.50	50.00%	13.28
2.Hormigón	13.26%	119.53	2.50	5.00%	45.42
3.Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	59.67%	537.90	1.50	5.00%	340.67
4.Piedra	5.52%	49.81	1.50	5.00%	31.54
Subtotal estimación	82.87%	747.08	1.75	7.56%	430.92
RCD: Basura. Potencialmente y otros					
1.Basura	7.73%	69.73	0.90	0.00%	77.47
2.Potencialmente peligrosos	0.0%	0.00	0.50	0.00%	0.00
Subtotal estimación	7.73%	69.73	0.70	0.00%	77.47
TOTAL estimación cantidad de RCDs	100.00%	301.48	1.25	6.08%	608.83

#### 4.6 Estimación del coste de tratamiento de los RCD's

ESTIMACIÓN DEL COSTE DE GESTIÓN DE LOS RCDs											
	G	Vr	Vt	Vc	N	P	Cc	Ts	Tt	C	Impor
	Tipo de gestión	Volumen reciclado	Volumen neto de residuos	Volumen de contenedor/ca mión	Número de contenedor/ca mión	Precio contenedor/ca mión	Contenedor gratuito	Incluir tasas municipales	Toneladas netas de cada tipo de RCDs	Canon de vertido	te total
<b>RCD: TIERRAS Y PETREOS PROCEDENTES DE LA ESCAVACIÓN</b>											
<b>1.TIERRAS DE ESCAVACIÓN</b>	Vert. Fraccionado	705.69 m3	1646.62 m3	Camión 20T max. 10km	103.00 Uds	64.96 €/Ud	-	NO	2058.28 T	6.12 €	19287.53 €
<b>RCD: NATURALEZA NO PÉTREA</b>											
<b>1.ASFALTO</b>	Vert. Fraccionado	0.00 m3	0.00 m3	Contendor 7.0 m3	0.00 Uds	63.49 €/Ud	NO	NO	0.00 T	15.92 €	0.00 €
<b>2.MADERA</b>	Planta Reciclaje	3.32	63.09 m3	Contendor 30 m3	3.00 Uds	97.50 €/Ud	SI	NO	37.85 T	0.00 €	0.00 €
<b>3.METALES</b>	Planta Reciclaje	0.83	15.77 m3	Contendor 7.0 m3	3.00 Uds	63.49 €/Ud	NO	NO	23.66 T	2.85 €	257.89 €
<b>4.PAPEL</b>	Planta Reciclaje	0.00 m3	3.32 m3	Contendor 30 m3	1.00 Uds	97.50 €/Ud	SI	NO	2.99 T	2.65 €	7.92 €
<b>5.PLÁSTICO</b>	Planta Reciclaje	0.00 m3	16.60 m3	Contendor 30 m3	1.00 Uds	97.50 €/Ud	SI	NO	14.94 T	2.65 €	36.60 €
<b>6.VIDRIO</b>	Planta Reciclaje	0.00 m3	0.00 m3	Contendor 20 m3	0.00 Uds	87.70 €/Ud	SI	NO	0.00 T	2.65 €	0.00 €
<b>7.YESO</b>	Vert. Fraccionado	0.00 m3	1.66 m3	Contendor 7.0 m3	1.00 Uds	63.49 €/Ud	NO	NO	1.99 T	8.13 €	79.69 €
<b>SUBTOTAL ESTIMACIÓN</b>			100.44 m3						81.43 T		385.09 €

RCD: NATURALEZA NO PÉTREA											
<b>1.ARENA,GRAV A Y OTROS ÁRIDOS</b>	Vert. Fraccionado	13.28 m3	13.28 m3	Contendor 7.0 m3	2.00 Uds	63.49 €/Ud	NO	NO	19.92 T	8.13 €	288.95 €
<b>2.HORMIGÓN</b>	Vert. Fraccionado	2.39 m3	45.42 m3	Contendor 7.0 m3	7.00 Uds	63.49 €/Ud	NO	NO	113.56 T	3.50 €	841.88 €
<b>3.LADRILLOS, AZULEJOS Y CERÁMICOS</b>	Vert. Fraccionado	17.93 m3	340.67 m3	Contendor 7.0 m3	49.00 Uds	63.49 €/Ud	NO	NO	511.00 T	5.20 €	5768.22 €
<b>4.PIEDRA</b>	Vert. Fraccionado	1.66 m3	31.54 m3	Contendor 7.0 m3	5.00 Uds	63.49 €/Ud	NO	NO	47.31 T	9.06 €	746.12 €
<b>SUBTOTAL ESTIMACIÓN</b>			430.92 m3						691.79 T		7645.17 €
RCD: NATURALEZA NO PÉTREA											
<b>1.BASURAS</b>	Vert. Fraccionado	0.00 m3	77.47 m3	Contendor 7.0 m3	12.00 Uds	63.49 €/Ud	NO	NO	69.73 T	9.10 €	1396.40 €
<b>2.POTENCIALMENTE PELIGROS Y OTROS</b>	Vert. Fraccionado	0.00 m3	0.00 m3	Bidones 0.3 m3	0.00 Uds	120.32 €/Ud	-	NO	0.00 T	17.54 €	0.00 €
				Contenedor 9.0 m3	0.00 Uds	79.47 €/Ud	-	NO			0.00 €
<b>SUBTOTAL ESTIMACIÓN</b>			77.47 m2						69.73 T		1396.40 €
<b>TOTAL COSTE DE TRANSPORTE + VERTIDO</b>						<b>28714.19 €</b>					

#### ***4.7. Medidas para la Separación en Obra.***

Con objeto de conseguir una mejor gestión de los residuos generados en la obra de manera que se facilite su reutilización, reciclaje o valorización y para asegurar las condiciones de higiene y seguridad requeridas en el artículo 5.4 del Real Decreto 105/2008 que regula la producción y gestión de los residuos de construcción y de demolición se tomarán las siguientes medidas:

- Las zonas de obra destinadas al almacenaje de residuos quedarán convenientemente señalizadas y para cada fracción se dispondrá un cartel señalizador que indique el tipo de residuo que recoge.
- Todos los envases que lleven residuos deben estar claramente identificados, indicando en todo momento el nombre del residuo, código LER, nombre y dirección del poseedor y el pictograma de peligro en su caso.
- Los residuos químicos peligrosos como restos de desencofrantes, pinturas, colas, ácidos, etc. Se almacenarán en casetas ventiladas, bien iluminadas, ordenadas, cerradas, cubiertas de la intemperie, sin sumideros por los que puedan evacuarse fugas o derrames, cuidando de mantener la distancia de seguridad entre residuos que sean sinérgicos entre sí o incompatibles, agrupando los residuos por características de peligrosidad y en armarios o estanterías diferenciadas, en envases adecuados y siempre cerrados, a temperaturas máximas de 55º (se habilitará una cubierta general para proporcionarles sombra permanentemente), o menores de 21º para productos inflamables (cuando ala sombra, se prevea superar esta temperatura, estos residuos habrán de retirarse de inmediato, y se interrumpirán los trabajos que los generen hasta que las condiciones ambientales lo permitan, según los parámetros indicados). También contarán con cubetas de retención en función de las características del producto o la peligrosidad de mezcla con otros productos almacenados.
- Todos los productos envasados que tengan carácter de residuo peligroso deberán estar convenientemente identificados especificando en su etiquetado el nombre del residuo, código LER, nombre y dirección del productor y el pictograma normalizado de peligro.
- Las zonas de almacenaje para los residuos peligrosos habrán de estar suficientemente separadas de las de los residuos no peligrosos, evitando de esta manera la contaminación de estos últimos.
- Los residuos se depositarán en las zonas acondicionadas para ellos conforme se vayan generando.
- Los residuos se almacenarán en contenedores adecuados tanto en número como en volumen evitando en todo caso la sobrecarga de los contenedores por encima de sus capacidades límite.
- Los contenedores situados próximos a lugares de acceso público se protegerán fuera de los horarios de obra con lonas o similares para evitar vertidos descontrolados por parte de terceros que puedan provocar su mezcla o contaminación.

- Se evitará la contaminación de los residuos pétreos separados con destino a valorización con residuos derivados del yeso que los contaminen mermando sus prestaciones.

#### ***4.8. Medidas de segregación "in situ".***

---

Los residuos se disgregarán convenientemente antes de depositarlos en los contenedores para su traslado a vertedero.

#### ***4.9. Previsión de reutilización en la misma obra u otros emplazamientos.***

---

La totalidad de la tierra proveniente de la excavación será reutilizada para el relleno de la parcela, creando plataformas para su ajardinamiento.

El resto de los materiales de escombros se trasladarán a los correspondientes vertederos autorizados.

#### ***4.10. Operaciones de valorización "in situ".***

---

La totalidad de la tierra proveniente de la excavación será reutilizada para el relleno de la parcela, creando plataformas para su ajardinamiento.

Se seleccionarán los materiales aprovechables o reciclables, enviando a vertedero únicamente escombros limpios, de materiales procedentes de la obra.

#### ***4.11. Destino previsto para los residuos.***

---

En la Región de Murcia existen distintas infraestructuras públicas de gestión de residuos urbanos que se han financiado gracias a la aportación económica que se recibe de la Unión Europea a través de los Fondos Estructurales (Fondo FEDER) y del Fondo de Cohesión. Entre ellos se encuentran:

Infraestructuras públicas de gestión de residuos urbanos.

#### **Sellado de Vertederos**

- Conjunto de actuaciones destinadas al control y la recuperación de emplazamientos afectados por vertederos agotados incluyendo la vigilancia posterior.
- En funcionamiento: Calasparra, Cartagena (El Gorguel), Murcia, Cieza, Cehegín, Moratalla, Fortuna, Mazarrón.

#### **Centros de Gestión Diferenciada de Residuos**

- Conjunto de instalaciones asociadas que agrupan operaciones de recogida selectiva y gestión diferenciada de residuos urbanos según su naturaleza.
- En funcionamiento: San Javier, Torre Pacheco, Mazarrón.

### **Plantas de Aprovechamiento de Biogás de vertedero**

- Instalación de valorización de los gases producidos en los procesos de degradación de los residuos eliminados en vertedero.
- En funcionamiento: Murcia

### **Plantas de Recuperación y Compostaje**

- Instalaciones de tratamiento que permiten separa las fracciones valorizables de los residuos urbanos y aprovechar los residuos biodegradables mediante procesos de fermentación aerobia.
- En funcionamiento: Murcia, Lorca, Cartagena.

### **Plantas de Selección de Envases**

- Instalación en la cual se descargan, almacenan y seleccionan los residuos en fracciones reciclables o valorizables.
- En funcionamiento: Murcia.




### **Estaciones de Transferencia de Residuos Urbanos**

- Instalaciones que permiten la descarga de los camiones de recogida viaria en contenedores de mayor capacidad para su transporte a pantas de recuperación o selección.
- En funcionamiento: Los Alcázares, Calasparra, Mazarrón y Yecla

### **Ecoparques (punto limpio)**

- Es un Centro de recogida selectiva de residuos urbanos domiciliarios, valorizables y especiales, que no tienen cabida en los contenedores tradicionales.
- El Ecoparque es un lugar donde los ciudadanos, pueden depositar los residuos, con la certeza de que serán retirados por gestores autorizados, que procederán a su posterior reciclaje o procesamiento.
- En funcionamiento:
  - FONDO FEDER: Águilas, Alcantarilla, Alguazas, Las Torres de Cotillas, Los Alcázares, Mula, Pliego, San Javier, Santiago de la Ribera, Torre Pacheco, Murcia, Totana y Molina de Segura.
  - FONDO DE COHESIÓN: Abanilla, Águilas, Alhama de Murcia, Aledo, Bullas, Calasparra, Cehegín, Cieza, Fortuna, Jumilla, Moratalla, San Pedro del Pinatar, Santomera, Yecla y Caravaca.
  - MUNICIPALES: Lorca, Ceutí y Cartagena.

#### 4.12. Pictogramas de Peligro.

<p>O Comburente</p> 	<p>Comburentes: las sustancias y preparados que, en contacto con otras sustancias, en especial con sustancias inflamables, producen una reacción fuertemente exotérmica.</p>	<p>F Fácilmente inflamable</p> 	<p>Fácilmente inflamables: Que puedan calentarse e inflamarse en el aire a temperatura ambiente sin aporte de energía, o que puedan inflamarse fácilmente tras un breve contacto con una fuente de inflamación o que, en contacto con el agua o con el aire húmedo, desprendan gases inflamables.</p>
<p>F+ Extremadamente inflamable</p> 	<p>Extremadamente inflamables: sustancias y preparados líquidos que tengan un punto de inflamación extremadamente bajo y un punto de ebullición bajo, y las sustancias y preparados gaseosos que, a temperatura y presión ambientes, sean inflamables en contacto con el aire.</p>	<p>E Explosivo</p> 	<p>Explosivos: las sustancias y preparados que, incluso en ausencia del oxígeno del aire, pueden reaccionar de forma exotérmica con rápida formación de gases y que detonan, deflagran rápidamente o explodian.</p>
<p>C Corrosivo</p> 	<p>Corrosivos: las sustancias y preparados que, en contacto con tejidos vivos puedan ejercer una acción destructiva de los mismos.</p>	<p>T+ Muy Tóxico</p> 	<p>Muy tóxicos: las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en muy pequeña cantidad puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.</p>
<p>T Tóxico</p>	<p>Tóxicos: las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades puedan provocar efectos agudos o</p>	<p>Xn Nocivo</p>	<p>Nocivos: las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan provocar efectos agudos o crónicos e</p>

	crónicos e incluso la muerte.		incluso la muerte.
<p>Xi Irritante</p> 	<p>Irritantes: las sustancias y preparados no corrosivos que, en contacto breve, prolongado o repetido con la piel o las mucosas puedan provocar una reacción inflamatoria.</p>	<p>N Peligro para el medio ambiente</p> 	<p>Peligrosos para el medio ambiente: las sustancias y preparados que presenten o puedan presentar un peligro inmediato o futuro para uno o más componentes del medio ambiente.</p>



## ***Pliego de Condiciones.***

**ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES.**

**5. PLIEGO DE CONDICIONES. --- 5**

---

**5.1. Condiciones generales. --- 5**

**5.1.1 Alcance. --- 5**

**5.1.2. Reglamentos y normas. ---5**

**5.1.3. Disposiciones generales. --- 5**

**5.1.4. Ejecución de las obras. --- 6**

**5.1.4.1. Comienzo. --- 6**

**5.1.4.2. Ejecución. --- 6**

**5.1.4.3. Libro de órdenes. --- 6**

**5.1.5. Interpretación y desarrollo del proyecto. --- 6**

**5.1.6. Obras complementarias. --- 7**

**5.1.7. Modificaciones. --- 7**

**5.1.8. Obra defectuosa. --- 7**

**5.1.9. Medios auxiliares. --- 7**

**5.1.10. Conservación de obras. --- 8**

**5.1.11. Recepción de las obras. --- 8**

**5.1.11.1. Recepción provisional. --- 8**

**5.1.11.2. Plazo de garantía. --- 8**

**5.1.11.3. Recepción definitiva. --- 8**

**5.1.12. Contratación de la empresa. --- 8**

**5.1.12.1. Modo de contratación. --- 8**

**5.1.12.2. Presentación. --- 9**

**5.1.12.3. Selección. --- 9**

---

<b>5.1.13. Fianza. --... 9</b>
<b>5.1.14. Condiciones económicas. --... 9</b>
<b>5.1.14.1. Abono de la obra. --... 9</b>
<b>5.1.14.2. Precios. --... 9</b>
<b>5.1.14.3. Revisión de precios. --... 10</b>
<b>5.1.14.4. Penalizaciones. --... 10</b>
<b>5.1.14.5. Contrato. --... 10</b>
<b>5.1.14.6. Responsabilidades. --... 10</b>
<b>5.1.14.7. Rescisión del contrato. --... 11</b>
<b>5.1.14.8. Liquidación. --... 11</b>
<b>5.1.15. Condiciones facultativas. --... 11.</b>
<b>5.1.15.1. Normas a seguir. --... 11</b>
<b>5.1.15.2. Personal. --... 12</b>

---

## **5.2. PLIEGO DE CONDICIONES DE LA RED DE BAJA TENSIÓN. --... 13**

---

<b>5.2.1. Calidad de los materiales. Condiciones y ejecución. --... 13</b>
<b>5.2.1.1. Conductores: Tendido, empalmes, terminales, cruces y protecciones. --... 13</b>
<b>5.2.1.1.1. Tendido de los cables. --... 15</b>
<b>5.2.1.1.2. Protección mecánica y de sobreintensidad. --... 16</b>
<b>5.2.1.1.3. Señalización. --... 17</b>
<b>5.2.1.1.4. Empalmes y terminales. --... 17</b>
<b>5.2.1.1.5. Cajas generales de protección (CGP). --... 18</b>
<b>5.2.1.1.6. Cajas generales de protección y medida (CPM). --... 20</b>
<b>5.2.1.1.7. Armarios de distribución. --... 20</b>
<b>5.2.1.2. Accesorios. --... 21</b>
<b>5.2.1.3. Medidas eléctricas. --... 21</b>

---

**5.2.1.4. Obra civil. --... 21**

**5.2.1.5. Zanjas: Ejecución, tendido, cruzamientos, señalización y acabado. -  
--... 21**

**5.2.2. Normas generales para la ejecución de las instalaciones. --... 23**

**5.2.3. Revisiones y pruebas reglamentarias al finalizar la obra. --... 24**

**5.2.4. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad. --... 25**

**5.2.5. Revisiones, inspecciones y pruebas periódicas reglamentarias a  
efectuar por parte de instaladores, de mantenedores y/o organismos de  
control. --... 26**

---

### **5.3. PLIEGO DE CONDICIONES DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN. --... 27**

---

**5.3.1. Calidad de los materiales. Condiciones y ejecución. --... 27**

**5.3.1.1. Conductores: Tendido, empalmes, terminales, cruces y  
protecciones. --... 27**

**5.3.1.1.1. Tendido de los cables. --... 28**

**5.3.1.1.1.1. Manejo y preparación de bobinas. --... 28**

**5.3.1.1.1.2. Tendido de cables en zanja. --... 29**

**5.3.1.1.1.3. Tendido de los cables en tubulares. --... 31**

**5.3.1.1.2. Empalmes. --... 31**

**5.3.1.1.3. Terminales. --... 32**

**5.3.1.1.4. Transporte de bobinas de cables. --... 32**

**5.3.1.2. Accesorios. --... 32**

**5.3.1.3. Obra civil. --... 32**

**5.3.1.4. Zanjas: Ejecución, tendido, cruzamientos, paralelismos,  
señalización y acabado. --...33**

**5.3.2. Normas generales para la ejecución de las instalaciones. --... 34**

---

### **5.4. PLIEGO DE CONDICIONES DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN. --... 37**

---

**5.4.1. Calidades de los materiales. --... 37**

---

**5.4.1.1. Obra civil. --... 37**

**5.4.1.2. Aparamenta de Media Tensión. --... 37**

**5.4.1.3. Transformadores. --... 38**

**5.4.1.4. Equipos de medida. --... 38**

**5.4.2. Normas de ejecución de las instalaciones. --... 39**

**5.4.3 Revisiones y pruebas reglamentarias al finalizar la obra. --... 39**

**5.4.4. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad. --... 39**

**5.4.5. Certificados y documentación. --... 40**

**5.4.6. Libro de órdenes. --... 40**

---

## **5.5. PLIEGO DE CONDICIONES ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD. --... 41**

---

**5.5.1. Legislación y normas aplicables. --... 41**

**5.5.2. Obligaciones de las diversas partes intervinientes en la obra. --... 44**

**5.5.3. Servicios de prevención. --... 46**

**5.5.4. Instalaciones y servicios de higiene y bienestar de los trabajadores. -  
-... 47**

**5.5.5. Condiciones a cumplir por los equipos de protección personal . --... 47**

**5.5.6. Condiciones de las protecciones colectivas. --... 48**

---

## **5.6. PLIEGO DE CONDICIONES PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS --... 52**

---

**5.6.1. Obligaciones Agentes Intervinientes. --... 52**

**5.6.2. Gestión de Residuos. --... 53**

**5.6.3. Derribo y Demolición. --... 53**

**5.6.4. Separación. --... 54**

**5.6.5. Documentación. --... 54**

**5.6.6. Normativa. --... 54**

---

## **5. PLIEGO DE CONDICIONES.**

### **5.1 Condiciones generales.**

#### **5.1.1. Alcance.**

El presente Pliego de Condiciones tiene por objeto definir al Contratista el alcance del trabajo y la ejecución cualitativa del mismo.

El trabajo eléctrico consistirá en la instalación eléctrica de la red de media y baja tensión, además de la instalación de los centros de transformación.

El alcance del trabajo del contratista incluye el diseño y preparación de todos los planos, diagramas, especificaciones, lista de material y requisitos para la adquisición de la instalación del trabajo.

#### **5.1.2. Reglamentos y normas.**

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los Reglamentos de Seguridad y Normas Técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones, tanto de ámbito nacional, autonómico o municipal.

Se adaptarán además a las condiciones particulares impuestas por la empresa distribuidora de energía eléctrica.

#### **5.1.3. Disposiciones generales.**

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación del seguro obligatorio, subsidio familiar y de vejez, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la norma UNE 24042 "Contratación de Obras. Condiciones Generales", siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El Contratista deberá estar clasificado, según el orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda. Igualmente deberá ser Instalador, provisto del correspondiente documento de calificación empresarial.

#### ***5.1.4. Ejecución de las obras.***

##### ***5.1.4.1. Comienzo.***

---

El Contratista dará comienzo la obra en el plazo que figure en el contrato establecido con la Propiedad, o en su defecto a los quince días de la adjudicación definitiva o de su firma.

El Contratista está obligado a notificar por escrito o personalmente en forma directa al Técnico Director la fecha de comienzo de los trabajos.

##### ***5.1.4.2. Ejecución.***

---

La obra se ejecutará en el plazo que se estipule en el contrato suscrito con la Propiedad o en su defecto en el que figure en las condiciones de este pliego.

Cuando el Contratista, de acuerdo, con alguno de los extremos contenidos en el presente Pliego de Condiciones, o bien en el contrato establecido con la Propiedad, solicite una inspección para poder realizar algún trabajo anterior que esté condicionado por la misma, vendrá obligado a tener preparada para dicha inspección, una cantidad de obra que corresponda a un ritmo normal de trabajo.

Cuando el ritmo de trabajo establecido por el Contratista, no sea el normal, o bien a petición de una de las partes, se podrá convenir una programación de inspecciones obligatorias de acuerdo con el plan de obra.

##### ***5.1.4.3. Libro de órdenes.***

---

El Contratista dispondrá en la obra de un Libro de Órdenes en el que se escribirán las que el Técnico Director estime darle a través del encargado o persona responsable, sin perjuicio de las que le de por oficio cuando lo crea necesario y que tendrá la obligación de firmar el enterado.

##### ***5.1.5. Interpretación y desarrollo del proyecto.***

---

La interpretación técnica de los documentos del Proyecto, corresponde al Técnico Director. El Contratista está obligado a someter a éste cualquier duda, aclaración o contradicción que surja durante la ejecución de la obra por causa del Proyecto, o circunstancias ajenas, siempre con la suficiente antelación en función de la importancia del asunto.

El Contratista se hace responsable de cualquier error de la ejecución motivado por la omisión de esta obligación y consecuentemente deberá rehacer a su costa los trabajos que correspondan a la correcta interpretación del Proyecto.

El Contratista está obligado a realizar todo cuanto sea necesario para la buena ejecución de la obra, aún cuando no se halle explícitamente expresado en el pliego de condiciones o en los documentos del proyecto.

El Contratista notificará por escrito o personalmente en forma directa al Técnico Director y con suficiente antelación las fechas en que quedarán preparadas para inspección, cada una de las partes

de obra para las que se ha indicado la necesidad o conveniencia de la misma o para aquellas que, total o parcialmente deban posteriormente quedar ocultas. De las unidades de obra que deben quedar ocultas, se tomarán antes de ello, los datos precisos para su medición, a los efectos de liquidación y que sean suscritos por el Técnico Director de hallarlos correctos.

De no cumplirse este requisito, la liquidación se realizará en base a los datos o criterios de medición aportados por éste.

#### ***5.1.6. Obras complementarias.***

---

El Contratista tiene la obligación de realizar todas las obras complementarias que sean indispensables para ejecutar cualquiera de las unidades de obra especificadas en cualquiera de los documentos del Proyecto, aunque en él, no figuren explícitamente mencionadas dichas obras complementarias. Todo ello sin variación del importe contratado.

#### ***5.1.7. Modificaciones.***

---

El Contratista está obligado a realizar las obras que se le encarguen resultantes de modificaciones del Proyecto, tanto en aumento como disminución o simplemente variación, siempre y cuando el importe de las mismas no altere en más o menos de un 25% del valor contratado.

La valoración de las mismas se hará de acuerdo a los valores establecidos en el presupuesto entregado por el Contratista y que ha sido tomado como base del contrato.

El Técnico Director de obra está facultado para introducir las modificaciones de acuerdo con su criterio, en cualquier unidad de obra, durante la construcción, siempre que cumplan las condiciones técnicas referidas en el proyecto y de modo que ello no varíe el importe total de la obra.

#### ***5.1.8. Obra defectuosa.***

---

Cuando el Contratista halle cualquier unidad de obra que no se ajuste a lo especificado en el proyecto o en este Pliego de Condiciones, el Técnico Director podrá aceptarlo o rechazarlo; en el primer caso, éste fijará el precio que crea justo con arreglo a las diferencias que hubiera, estando obligado el Contratista a aceptar dicha valoración, en el otro caso, se reconstruirá a expensas del Contratista la parte mal ejecutada sin que ello sea motivo de reclamación económica o de ampliación del plazo de ejecución.

#### ***5.1.9. Medios auxiliares.***

---

Serán de cuenta del Contratista todos los medios y máquinas auxiliares que sean precisos para la ejecución de la obra. En el uso de los mismos estará obligado a hacer cumplir todos los Reglamentos de Seguridad en el trabajo vigentes y a utilizar los medios de protección de sus operarios.



#### ***5.1.10. Conservación de obras.***

---

Es obligación del Contratista la conservación en perfecto estado de las unidades de obra realizadas hasta la fecha de la recepción definitiva por la Propiedad, y corren a su cargo los gastos derivados de ello.

#### ***5.1.11. Recepción de las obras.***

##### ***5.1.11.1. Recepción provisional.***

---

Una vez terminadas las obras, tendrá lugar la recepción provisional y para ello se practicará en ellas un detenido reconocimiento por el Técnico Director y la Propiedad en presencia del Contratista, levantando acta y empezando a correr desde ese día el plazo de garantía si se hallan en estado de ser admitida.

De no ser admitida se hará constar en el acta y se darán instrucciones al Contratista para subsanar los defectos observados, fijándose un plazo para ello, expirando el cual se procederá a un nuevo reconocimiento a fin de proceder la recepción provisional.

##### ***5.1.11.2. Plazo de garantía.***

---

El plazo de garantía será como mínimo de un año, contado desde la fecha de la recepción provisional, o bien en el que se establezca en el contrato también contado desde la misma fecha. Durante este período queda a cargo del Contratista la conservación de las obras y arreglo de los desperfectos causados por asiento de las mismas o por mala construcción.

##### ***5.1.11.3. Recepción definitiva.***

---

Se realizará después de transcurrido el plazo de garantía de igual forma que la provisional. A partir de esta fecha cesará la obligación del Contratista de conservar y reparar a su cargo las obras, si bien subsistirán las responsabilidades que pudiera tener por defectos ocultos y deficiencias de causa dudosa.

#### ***5.1.12. Contratación de la empresa.***

##### ***5.1.12.1. Modo de contratación.***

---

El conjunto de las instalaciones las realizará la empresa escogida por concurso o subasta.

#### ***5.1.12.2. Presentación.***

---

Las empresas seleccionadas para dicho concurso deberán presentar sus proyectos en sobre lacrado, antes de una fecha prevista en el domicilio del propietario.

#### ***5.1.12.3. Selección.***

---

La empresa escogida será anunciada la semana siguiente a la conclusión del plazo de entrega. Dicha empresa será escogida de mutuo acuerdo con el propietario y el director de la obra, sin posible reclamación por parte de las otras empresas concursantes.

#### ***5.1.13. Fianza.***

---

En el contrato se establecerá la fianza que el Contratista deberá depositar en garantía del cumplimiento del mismo, o se convendrá una retención sobre los pagos realizados a cuenta de obra ejecutada.

De no estipularse la fianza en el contrato se entiende que se adopta como garantía una retención del 5% sobre los pagos a cuenta citados.

En el caso de que el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, o a atender la garantía, la Propiedad podrá ordenar ejecutarlas a un tercero, abonando su importe con cargo a la retención o fianza, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la Propiedad si el importe de la fianza no bastase. La fianza retenida se abonará al Contratista en un plazo no superior a treinta días una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra.

#### ***5.1.14. Condiciones económicas.***

##### ***5.1.14.1. Abono de la obra.***

---

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos que se abonarán las obras. Las liquidaciones parciales que pueden establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Terminadas las obras se procederá a la liquidación final que se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

##### ***5.1.14.2. Precios.***

---

El Contratista presentará, al formalizarse el contrato, relación de los precios de las unidades de obra que integran el proyecto, los cuales de ser aceptados tendrán valor contractual y se aplicarán a las posibles variaciones que pueda haber.

Estos precios unitarios, se entiende que comprenden la ejecución total de la unidad de obra, incluyendo todos los trabajos aún los complementarios y los materiales así como la parte proporcional de imposición fiscal, las cargas laborales y otros gastos repercutibles.

En caso de tener que realizarse unidades de obra no previstas en el proyecto, se fijará su precio entre el Técnico Director y el Contratista antes de iniciar la obra y se presentará a la propiedad para su aceptación o no.

#### ***5.1.14.3. Revisión de precios.***

---

En el contrato se establecerá si el contratista tiene derecho a revisión de precios y la fórmula a aplicar para calcularla. En defecto de esta última, se aplicará a juicio del Técnico Director alguno de los criterios oficiales aceptados.

#### ***5.1.14.4. Penalizaciones.***

---

Por retraso en los plazos de entrega de las obras, se podrán establecer tablas de penalización cuyas cuantías y demoras se fijarán en el contrato.

#### ***5.1.14.5. Contrato.***

---

El contrato se formalizará mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. Comprenderá la adquisición de todos los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra proyectada en el plazo estipulado, así como la reconstrucción de las unidades defectuosas, la realización de las obras complementarias y las derivadas de las modificaciones que se introduzcan durante la ejecución, éstas últimas en los términos previstos.

La totalidad de los documentos que componen el Proyecto Técnico de la obra serán incorporados al contrato y tanto el Contratista como la Propiedad deberán firmarlos en testimonio de que los conocen y aceptan.

#### ***5.1.14.6. Responsabilidades***

---

El Contratista es el responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el Proyecto y el contrato. Como consecuencia de ello vendrá obligado a la demolición de lo mal ejecutado y a su reconstrucción correctamente sin que sirva de excusa el que el Técnico Director haya examinado y reconocido las obras.

El Contratista es el único responsable de todas las contravenciones que él o su personal cometan durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas.

También es responsable de los accidentes o daños que por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados se produzcan a la propiedad, a los vecinos o terceros en general.

El Contratista es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en la materia laboral respecto de su personal y por tanto los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

#### ***5.1.14.7. Rescisión del contrato.***

---

Se consideran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

- Primera: muerte o incapacidad del Contratista.
- Segunda: la quiebra del Contratista.
- Tercera: modificación del proyecto cuando produzca alteración en más o menos 25% del valor contratado.
- Cuarta: modificación de las unidades de obra en número superior al 40% del original.
- Quinta: la no iniciación de las obras en el plazo estipulado cuando sea por causas ajenas a la Propiedad.
- Sexta: la suspensión de las obras ya iniciadas siempre que el plazo de suspensión sea mayor de seis meses.
- Séptima: incumplimiento de las condiciones del contrato cuando implique mala fe.
- Octava: terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar ésta.
- Novena: actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.
- Décima: destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin la autorización del Técnico Director y la Propiedad.

#### ***5.1.14.8. Liquidación.***

---

Siempre que se rescinda el contrato por causas anteriores o bien por acuerdo de ambas partes, se abonará al Contratista las unidades de obra ejecutadas y los materiales acopiados a pie de obra y que reúnan las condiciones y sean necesarios para la misma.

Cuando se rescinda el contrato llevará implícito la retención de la fianza para obtener los posibles gastos de conservación del período de garantía y los derivados del mantenimiento hasta la fecha de nueva adjudicación.

#### ***5.1.15. Condiciones facultativas.***

##### ***3.1.15.1. Normas a seguir.***

---

El diseño de la instalación eléctrica estará de acuerdo con las exigencias o recomendaciones expuestas en la última edición de los siguientes códigos:

- Reglamento electrotécnico de baja tensión e instrucciones complementarias.
- Normas UNE.
- Publicaciones del comité electrotécnico internacional (CEI).
- Plan nacional y ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo.
- Normas de la compañía suministradora (IBERDROLA).

Lo indicado en este pliego de condiciones con preferencia a todos los códigos y normas.

#### ***5.1.15.2. Personal.***

---

El Contratista tendrá al frente de la obra un encargado con autoridad sobre los demás operarios y conocimientos acreditados y suficientes para la ejecución de la obra.

El encargado recibirá, cumplirá y transmitirá las instrucciones y órdenes del Técnico Director de la obra.

El Contratista tendrá en la obra, el número y clase de operarios que haga falta para el volumen y naturaleza de los trabajos que se realicen, los cuales será de reconocida aptitud y experimentados en el oficio. El Contratista estará obligada separar de la obra, a aquel personal que a juicio del Técnico Director no cumpla con sus obligaciones, realice el trabajo defectuosamente, bien por falta de conocimientos o por obrar de mala fe.

## **5.2. PLIEGO DE CONDICIONES DE LA RED DE BAJA TENSIÓN.**

### **5.2.1. Calidad de los materiales. Condiciones y ejecución.**

Todos los materiales empleados serán de primera calidad. Cumplirán las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto y en las normas técnicas generales, y además en las de la compañía distribuidora de energía, para este tipo de materiales.

Toda especificación o característica de materiales que figuren en uno solo de los documentos del proyecto, aún sin figurar en los otros, es igualmente obligatoria.

En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, el Contratista tendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al Técnico Director de la Obra, quien decidirá sobre el particular. En ningún caso podrá suplir la falta directamente, sin la autorización expresa.

Una vez adjudicada la obra y antes de iniciarse, el Contratista presentará al Técnico Director los catálogos, cartas muestra, certificados de garantía o de homologación de los materiales que vayan a emplearse. No podrán utilizarse materiales que no hayan sido aceptados por el Técnico Director.

#### **5.2.1.1. Conductores: Tendido, empalmes, terminales, cruces y protecciones.**

Se utilizarán cables con aislamiento de dieléctrico seco, tipos XZ1(S), de las características siguientes:

##### **Cable tipo XZ1(S):**

- Conductor..... Aluminio
- Secciones..... 50 - 95 - 150 y 240 mm<sup>2</sup>
- Tensión asignada.....0,6/1 kV
- Aislamiento..... Mezcla de polietileno reticulado (XLPE)
- Cubierta..... Poliolefina Ignifugada

Todas las líneas serán siempre de cuatro conductores, tres para fase y uno para neutro.

Las conexiones de los conductores subterráneos se efectuarán siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento.

La utilización de las diferentes secciones será la siguiente:

- Las secciones de 150 mm2 y 240 mm2 se utilizaran en la red subterránea de distribución en BT y en los puentes de unión de los transformadores de potencia con sus correspondientes cuadros de distribución de BT.
- La sección de 95 mm2, se utilizara como neutro de la sección de 150 mm2 línea de derivación de la red general y acometidas.
- La sección de 50 mm2, solo se utilizará como neutro de la sección de 95 mm2 y acometidas individuales.

Los tipos normalizados y las características esenciales son los que figuran en la tabla 5.1:

Tipo	Tensión	Sección	Nº mínimo alambres	Longitud ±2%	Tipo bobina	Código
RV	0.6/1	1 x 50	6	1600	10	5631225
		1 x 95	15	950	10	5631235
		1 x 150	15	1100	12	5631245
		1 x 240	30	750	12	5631255

Tabla 3.1: Tipos normalizados y características esenciales de las bobinas utilizadas para el cableado de la línea de Baja Tensión.

La constitución del cable será la siguiente:



ILUSTRACIÓN: Cable Al voltalene Flamex (s) (AIXZ1) para Baja Tensión.

Los conductores llevarán inscritas sobre la cubierta de forma legible e indeleble las marcas siguientes:

- Nombre del fabricante.
  - Designación completa.
  - Año de fabricación (dos últimas cifras).
  - Indicación de calidad concertada (cuando la tenga).
- La separación entre marcas no será superior a 30 cm.

#### ***5.2.1.1.1. Tendido de los cables.***

Para el tendido la bobina estará siempre elevada, sujeta por barras y gatos adecuados al peso de la misma y dispositivos de frenado.

El desenrollado del conductor se realizará de forma que éste salga por la parte superior de la bobina.

El fondo de la zanja deberá estar cubierto en toda su longitud con una capa de 10 cm de arena de mina o de río lavada, limpia y suelta, antes de proceder al tendido de los cables.

Los cables deben de ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado, evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc..., y teniendo en cuenta siempre que el radio de curvatura en el tendido de los mismos, aunque sea accidentalmente, no debe ser inferior a 20 veces su diámetro.

Para la coordinación de movimientos de tendido se dispondrá de personal y los medios de comunicación adecuados.

Cuando los cables se tiendan a mano, los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja.

También se puede tender mediante cabrestantes, tirando del extremo del cable al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por milímetro cuadrado de conductor que no debe exceder de 3 kg/mm<sup>2</sup>. Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tracción.

El tendido se hará obligatoriamente por rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable, dispuestos sobre el fondo de la zanja, para evitar el rozamiento del cable con el terreno.

Durante el tendido, se tomarán precauciones para evitar que el cable sufra esfuerzos importantes, golpes o rozaduras.

En las curvas, se tomarán las medidas oportunas para evitar rozamientos laterales de cable. No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas u otros útiles, deberá hacerse siempre a mano.

Solo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja y siempre sobre rodillos.

No se dejarán nunca los cables tendidos en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlos con la capa de arena fina y la protección de la placa.

En todo momento, las puntas de los cables deberán estar selladas mediante capuchones termorretráctiles o cintas autovulcanizadas para impedir los efectos de la humedad, no dejándose los extremos de los cables en la zanja sin haber asegurado antes la buena estanqueidad de los mismos.



Cuando dos cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 50 cm.

Las zanjas se recorrerán con detenimiento antes de tender el cable para comprobar que se encuentran sin piedras u otros elementos duros que puedan dañar a los cables en su tendido.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas, al terminar los trabajos, en las mismas condiciones en que se encontraban primitivamente.

Si involuntariamente se causara alguna avería a dichos servicios, se avisará con toda urgencia a la Empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación.

Cada metro y medio, envolviendo las tres fases y el neutro, se colocará una sujeción que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos, evitando la dispersión de los mismos por efecto de las corrientes de cortocircuito o dilataciones.

Antes de pasar el cable por una canalización entubada, se limpiará la misma para evitar que queden salientes que puedan dañarlos.

En las entradas de los tubulares se evitará que el cable roce el borde de los mismos.

Para los cruces de calles y carreteras:

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores conforme con lo establecido en la ITC-BT-21, recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

#### ***5.2.1.1.2. Protección mecánica y de sobreintensidad.***

- **Protección mecánica:**

Las líneas eléctricas subterráneas deben estar protegidas contra posibles averías producidas por hundimiento de tierras, por contacto con cuerpos duros y por choque de herramientas metálicas en eventuales trabajos de excavación.

Para señalar la existencia de las mismas y protegerlas, a la vez, se colocará encima de la capa de arena, una placa de protección y/o tubo.

La anchura se incrementará hasta cubrir todas las cuaternas en caso de haber más de una.

- **Protección de sobreintensidad:**

Con carácter general, los conductores estarán protegidos por los fusibles existentes contra sobrecargas y cortocircuitos.

Para la adecuada protección de los cables contra sobrecargas, mediante fusibles de la clase gG se indica en el siguiente cuadro la intensidad nominal del mismo:

Cable	In
RV 0.6/1 kV 4 x 50 Al	100
RV 0.6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0.6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0.6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Tabla 3.2: Intensidad nominal y las distintas secciones de cable correspondiente.  
(VER TABLA: página 8 (MT 2.51.01). Proyecto Tipo de LSBT)

Cuando se prevea la protección de conductor por fusibles contra cortocircuitos, deberá tenerse en cuenta la longitud de la línea que realmente protege y que se indica en el siguiente cuadro en metros.

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0.6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0.6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0.6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0.6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	-	605	455	345	260	195
	Longitudes en metros					

Tabla 3.3. Intensidad nominal del fusible y longitud en metros.  
(VER TABLA: página 8 (MT 2.51.01) .Proyecto Tipo de LSBT)

NOTA: Estas longitudes se consideran partiendo del cuadro de BT del centro de transformación.

5.2.1.1.3. Señalización.

Todo conjunto de cables debe estar señalado por una cinta de atención, de acuerdo con la RU 0205, colocada a 40 cm aproximadamente, por encima de la placa de protección. Cuando en la misma zanja existan líneas de tensión diferente (Baja y Media Tensión), en diferentes planos verticales, debe colocarse dicha cinta encima de la conducción superior.

5.2.1.1.4. Empalmes y terminales.

Para la confección de empalmes y terminales se seguirán los procedimientos establecidos por el fabricante y homologados por las empresas.

El técnico supervisor conocerá y dispondrá de la documentación necesaria para evaluar la confección del empalme o terminación.

En concreto se revisarán las dimensiones del pelado de cubierta, utilización de manguitos o terminales adecuados y su engaste con el utillaje necesario, limpieza y reconstrucción del aislamiento. Los empalmes se identificarán con el nombre del operario y sólo se utilizarán los materiales homologados.

La reconstrucción del aislamiento deberá efectuarse con las manos bien limpias, depositando los materiales que componen el empalme sobre una lona limpia y seca. El montaje deberá efectuarse ininterrumpidamente.

Los empalmes unipolares se efectuarán escalonados, por lo tanto deberán cortarse los cables con distancias a partir de sus extremos de 50 mm, aproximadamente.

En el supuesto que el empalme requiera una protección mecánica, se efectuará el procedimiento de confección adecuado, utilizando además la caja de poliéster indicada para cada caso.

5.2.1.1.5. Cajas generales de protección (CGP).

Son cajas destinadas a alojar los elementos de protección de las líneas repartidoras y señalización del principio de la propiedad de las instalaciones de los usuarios.

Las cajas generales de protección se colocarán empotradas en las fachadas de los edificios. Se utilizarán las correspondientes al siguiente esquema eléctrico.

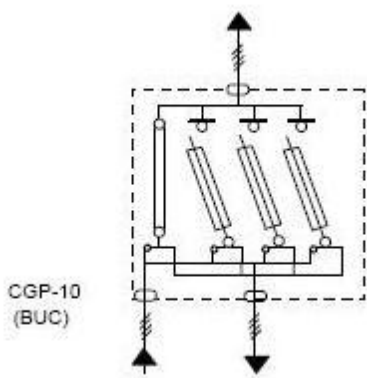


ILUSTRACIÓN: página 3.Esquema Eléctrico de CGP- Cajas Generales de Protección (76.50.01).

En la siguiente tabla se indican las CGP normalizadas, número y tamaño de los cortacircuitos fusibles que usa Iberdrola en sus instalaciones.

Designación	Cortocircuitos fusibles			Utilización	Códigos
	Bases		Fusibles		
	Número	Tamaño	I.máx		
CGP-1-100	1	22 x 58	90*	Exterior	7650003
CGP-7-100	3	22 x 58	90*	Exterior	7650007
CGP-7-160	3	00**	160	Exterior	7650008
CGP-7-250/BUC	3	1 (BUC)	250	Exterior/Interior	7650010
CGP-7-400/BUC	3	1 (BUC)	400	Exterior/Interior	7650011

CGP-10-250/BUC	3	1 (BUC)	250	Interior	7650018
CGP-11-250/250/BUC	3/3	1 (BUC)	250	Interior	7650019

**Tabla 3.4: Características de cortacircuitos fusibles.**  
(VER TABLA: página 4. Cajas Generales de Protección (76.50.01))

Las características técnicas de las CGP son:

- Envoltente de doble aislamiento, tipo UNINTER módulo 7060, cuba fabricada en poliéster reforzado con fibra de vidrio y tapa de policarbonato transparente.
- Tres bases de 250 A, con dispositivo extintor de arco y detector de fusión.
- Neutro amovible con pletina de conexión para terminales.
- Las conexiones eléctricas se efectúan con tornillería de acero inoxidable.
- Tornillos de acero inoxidable embutidos en las pletinas de entrada y salida de abonado, para el conexionado de terminales bimetálicos hasta 240 mm<sup>2</sup>.
- Complemento: puerta metálica referencia 931.132-IB.
- Esquema 10/BUC.

Tipo de suministro	Nº de contadores	Tipo de instalación	Designación	Figura	Código
Monofásico hasta 63 A	1	Empotrable	CPM1-D2-M	5	4272001
	1	Intemperie	CPM1-D2-I	5	4272002
	2	Empotrable	CPM3-D2/2-M	6	4272021
	2	Intemperie	CPM3-D2/2-I	6	4272023
Trifásico doble tarifa hasta 63 A	1	Empotrable	CPM2-D4-M	7	4272011
	1	Intemperie	CPM2-D4-I	7	4272013
Trifásico multifunción 63 A	1	Empotrable	CPM2-E4-M	8	4272014
	1	Intemperie	CPM2-E4-I	8	4272016
	1	Empotrable	CPM2-E4-MPB	9	4272017
	1	Intemperie	CPM2-E4-IBP	9	4272018
Trifásico > 63 A hasta 300 A (Medida indirecta)	1	Empotrable		10	4272100
		Empotrable	CMT-300E-M	11	4272102
		Intemperie	CMT-300E-MF	10	4272101
		Intemperie	CMT-300E-IF	11	4272103
Trifásico hasta 750 A	1	Intemperie	CMT-750E-I	12	4272120

**Tabla 3.5: Características técnicas de las CGP.**  
(VER TABLA: página 4. Cajas Generales de Protección (76.50.01))

#### ***5.2.1.1.6. Cajas generales de protección y medida (CPM).***

Las cajas generales de protección y medida son aquellas que en un solo elemento incluyen la caja general de protección y el elemento de medida.

Son cajas destinadas a alojar los elementos de protección de las líneas repartidoras y señalización del principio de la propiedad de las instalaciones de los usuarios.

En la siguiente tabla se muestran todos los tipos de CPM que utiliza Iberdrola en sus instalaciones.

Las características técnicas de las CPM son:

- Envoltente de poliéster reforzado con fibra de vidrio, color gris RAL 7035, resistente al calor anormal o fuego, según UNE EN 60 695-2-1/0.
- Grado de protección IP43 en envoltentes empotrables e IP55 en envoltentes de intemperie, según UNE 20 324.
- Grado de protección contra impactos mecánicos externos, IK09 en envoltentes empotrables e IK10 en envoltentes de intemperie, según UNE EN 50 102.
- Clase térmica A, según UNE 21 305.
- Gran resistencia a la corrosión y a los rayos ultravioletas.
- Autoventilación por convección natural sin reducir el grado de protección indicado.
- Ventanillas para lectura de los aparatos de medida opcionales, en policarbonato transparente estabilizado contra la acción de los rayos ultravioleta (U.V.).
- Puerta con bisagras, de apertura superior a 100°.
- Placa precintable, aislante y transparente de policarbonato.
- Panel de poliéster troquelado para fijación de equipos de medida.
- Tornillería de fijación de latón, imperdible y desplazable por el ranurado del panel.

#### ***5.2.1.1.7. Armarios de distribución.***

Su utilización será para ir en conjunto con las cajas generales de protección y medida, ya que estas no admiten la sección del cable proyectado en los anillos.

Serán las de tipo Maxinter CS-250/400-E.

Las características técnicas son:

- Envoltente de poliéster reforzado con fibra de vidrio, tipo MAXINTER.
- Grado de protección IP 43 UNE 20 234 e IK09 UNE EN 50 102.
- Tres bases unipolares cerradas BUC tamaño 1 o tamaño 2, con dispositivo extintor de arco y tornillería de conexión M10 de acero inoxidable.
- Neutro amovible con tornillería de conexión M10 de acero inoxidable.

#### ***5.2.1.2. Accesorios.***

---

Los empalmes, terminales y derivaciones, se elegirán de acuerdo a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos. Los terminales deberán ser, asimismo, adecuados a las características ambientales (interior, exterior, contaminación, etc.). Los empalmes y terminales se realizarán siguiendo las instrucciones de montaje dadas por el fabricante.

#### ***5.2.1.3. Medidas eléctricas.***

---

Una vez terminadas las obras, se realizarán las medidas eléctricas correspondientes de: puesta a tierra del neutro de la instalación para comprobar su buen funcionamiento y corregirlo en caso contrario; también se comprobará la continuidad de los conductores para localizar posibles fallos que se hayan producido en su tendido; y por último se medirán las tensiones entre fases, y entre fases y neutro al inicio y al final de la instalación para comprobar que estas se encuentran dentro de los límites impuestos.

#### ***5.2.1.4. Obra civil.***

---

La obra civil llevada a cabo en esta parte del proyecto consiste en la apertura de las zanjas (en acera y cruce de calles) por donde discurrirán las distintas líneas, los tipos de zanjas se describen en el siguiente apartado en el cual veremos distintas disposiciones según el número de conductores a introducir en ellas.

#### ***5.2.1.5. Zanjas: Ejecución, tendido, cruzamientos, señalización y acabado.***

---

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud.

Si ha habido la posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas existentes, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas. Antes de proceder a la apertura de zanjas, se abrirán catas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Los cables de BT se alojarán directamente enterrados bajo la acera a una altura de 0,70 m, en zanjas de 0,80 m de profundidad mínima y una anchura que permitan las operaciones de apertura y tendido, con un valor mínimo de 0,60 m.

El lecho de la zanja debe ser liso y estar libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se colocará una capa de arena de mina o de río lavada, limpia y suelta, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, y el tamaño del grano estará comprendido entre 0,2 y 3 mm, de un espesor mínimo de 0,10 m, sobre la que se depositarán los cables a instalar.

Por encima del cable se colocará otra capa de arena de idénticas características y con unos 0,10 m de espesor, y sobre ésta se instalará una protección mecánica a todo lo largo del trazado del cable, esta protección estará constituida por un tubo de plástico cuando existan 1 ó 2 líneas, y por un tubo y una placa cubrecables cuando el número de líneas sea mayor, las características de las placas cubrecables serán las establecidas en las NI 52.95.01. 310.

Las dos capas de arena cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales. A continuación se tenderá una capa de tierra procedente de la excavación y tierras de préstamo, arena, todo-uno o zahorras, de 0,25 m de espesor, apisonada por medios manuales. Se cuidará que esta capa de tierra esté exenta de piedras o cascotes.

Sobre esta capa de tierra, y a una distancia mínima del suelo de 0,10 m y 0,25 m de la parte superior del cable se colocará una cinta de señalización, como advertencia de la presencia de cables eléctricos, Las características, color, etc., de esta cinta serán las establecidas en la NI 29.00.01.

El tubo de 160 mm Ø que se instalará como protección mecánica, podrá utilizarse, cuando sea necesario, como conducto para cables de control, red multimedia e incluso para otra línea de BT. Este tubo se dará continuidad en todo su recorrido, al objeto de facilitar el tendido de los cables de control, incluido en las arquetas y calas de tiro si las hubiera.

Y por último se terminará de rellenar la zanja con tierra procedente de la excavación y tierras de préstamo, arena, todo-uno o zahorras, debiendo de utilizar para su apisonado y compactación medios mecánicos. Después se colocará una capa de tierra vegetal o un firme de hormigón de H-200 de unos 0,12 m de espesor y por último se repondrá el pavimento a ser posible del mismo tipo y calidad del que existía antes de realizar la apertura.

Para los cruzamientos la zanja tendrá una anchura mínima de 0,35 m, para la colocación de dos tubos de 160 mm Ø, aumentando la anchura en función del número de tubos a instalar. Cuando se considere necesario instalar tubo para los cables de control, se instalará un tubo más de red de 160 mm Ø, destinado a este fin. Este tubo se dará continuidad en todo su recorrido. Los tubos podrán ir colocados en uno, dos o tres planos.

La profundidad de la zanja dependerá del número de tubos, pero será la suficiente para que los situados en el plano superior queden a una profundidad aproximada de 0,80 m, tomada desde la rasante del terreno a la parte inferior del tubo.

En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de unos 0,05 m aproximadamente de espesor de hormigón H-200, sobre la que se depositarán los tubos dispuestos por planos. A continuación se colocará otra capa de hormigón H-200 con un espesor de 0,10 m por encima de los tubos y envolviéndolos completamente. Y por último, se hace el relleno de la zanja, dejando libre el espesor del firme y pavimento, para este relleno se utilizará hormigón H-200, en las canalizaciones que no lo exijan las Ordenanzas Municipales la zona de relleno será de todo-uno o zahorra.

Después se colocará un firme de hormigón de H-200 de unos 0,30 m de espesor y por último se repondrá el pavimento a ser posible del mismo tipo y calidad del que existía antes de realizar la apertura.

### ***5.2.2. Normas generales para la ejecución de las instalaciones.***

El diseño de la instalación eléctrica estará de acuerdo con las exigencias o recomendaciones expuestas en la última edición de los siguientes códigos:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Complementarias.
- Normas UNE.
- Publicaciones del Comité Electrotécnico Internacional (CEI).
- Plan nacional y Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Normas de la Compañía Suministradora (Iberdrola).

Todos los materiales, aparatos, máquinas y conjuntos integrados en los circuitos de instalación proyectada cumplen las normas, especificaciones técnicas y homologaciones que le son establecidas como de obligado cumplimiento por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Por lo tanto la instalación se ajustará a los planos, materiales y calidades de dicho proyecto, salvo orden facultativa en contra.

Corresponderá al Contratista la responsabilidad de la ejecución de las instalaciones que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

El Contratista tendrá al frente de la obra un encargado con autoridad sobre los demás operarios y conocimientos acreditados y suficientes para la ejecución de la obra.

El encargado recibirá, cumplirá y transmitirá las instrucciones y órdenes del Técnico Director de la obra.

El Contratista tendrá en la obra, el número y clase de operarios que hagan falta para el volumen y naturaleza de los trabajos que se realicen, los cuáles serán de reconocida aptitud y experimentados en el oficio. El Contratista estará obligado a separar de la obra, a aquel personal que a juicio del Técnico Director no cumpla con sus obligaciones, realice el trabajo defectuosamente, bien por falta de conocimientos o por obrar de mala fe.

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, bajo las aceras y evitando ángulos pronunciados.

El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales, cuidando de no afectar a las cimentaciones de los mismos.

Antes de comenzar los trabajos de apertura de zanjas, se marcarán en el terreno las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se dejen llaves para la contención del terreno.



Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas existentes, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas. Antes de proceder a la apertura de zanjas, se abrirán catas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de las zanjas como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, garajes, etc..., así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos.

Al marcar el trazado de las zanjas, se tendrá en cuenta el radio mínimo de curvatura de las mismas, que no podrá ser inferior a 10 veces el diámetro de los cables que se vayan a canalizar en la posición definitiva y 20 veces en el tendido.

Las zanjas se harán verticales hasta la profundidad determinada, colocándose entubaciones en los casos en que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

La zona de trabajo estará adecuadamente vallada, y dispondrá de las señalizaciones necesarias y de iluminación nocturna en ámbar rojo.

El vallado debe abarcar todo elemento que altere la superficie vial (caseta, maquinaria, materiales apilados, etc), será continuo en todo su perímetro y con vallas consistentes y perfectamente alineadas, delimitando los espacios destinados a viandantes, tráfico rodado y canalización. La obra estará identificada mediante letreros normalizados por los ayuntamientos.

Se instalará la señalización vertical necesaria para garantizar la seguridad de los viandantes, automovilistas y personal de la obra. Las señales de tránsito a disponer serán, como mínimo, las exigidas por el código de circulación y las ordenanzas vigentes.

### ***5.2.3. Revisiones y pruebas reglamentarias al finalizar la obra.***

Antes de la puesta en servicio del sistema eléctrico, el Contratista habrá de hacer los ensayos adecuados para probar, a la entera satisfacción del Técnico Director de obra, que todos los equipos, aparatos y cableado han sido instalados correctamente de acuerdo con las normas establecidas y están en condiciones satisfactorias de trabajo.

Todos los ensayos serán presenciados por el Ingeniero que representa al Técnico Director de obra.

Los resultados de los ensayos serán pasados en certificados indicando fecha y nombre de la persona a cargo del ensayo, así como categoría profesional. Los cables, antes de ponerse en funcionamiento, se someterán a un ensayo de resistencia de aislamiento entre las fases, y entre fases y tierra. En los cables enterrados, estos ensayos de resistencia de aislamiento se harán antes y después de efectuar el rellenado y compactado.

Antes de poner el aparellaje bajo tensión, se medirá la resistencia de aislamiento de cada embarrado entre fases y entre fases y tierra. Las medidas deben repetirse con los interruptores en posición de funcionamiento y contactos abiertos.

Todo relé de protección que sea ajustable será calibrado y ensayado, usando contador de ciclos, caja de carga, amperímetro y voltímetro, según se necesite.

Se dispondrá en lo posible, de un sistema de protección selectiva. De acuerdo con esto, los relés de protección se elegirán y coordinarán para conseguir un sistema que permita actuar primero el dispositivo de interrupción más próximo a la falta.

El Contratista preparará curvas de coordinación de relés y calibrado de éstos para todos los sistemas de protección previstos.

Se comprobarán los circuitos secundarios de los transformadores de intensidad y tensión aplicando corrientes o tensión a los arrollamientos secundarios de los transformadores y comprobando que los instrumentos conectados a estos secundarios funcionan.

Todos los interruptores automáticos se colocarán en posición de prueba y cada interruptor será cerrado y disparado desde su interruptor de control. Los interruptores deben ser disparados por accionamiento manual y aplicando corriente a los relés de protección. Se comprobarán todos los enclavamientos.

#### ***5.2.4. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.***

Para el uso de las instalaciones, primero éstas habrán tenido que pasar sus respectivas revisiones y pruebas para comprobar su correcto funcionamiento; el mantenimiento de las mismas será realizado por la empresa suministradora de energía ateniéndose a toda la reglamentación respectiva al tipo de instalación proyectada; la seguridad para las personas encargadas de la ejecución y mantenimiento de las instalaciones será la emitida en los siguientes documentos:

- Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 1627/1997 de 24 de Octubre de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- R.D. 485/1997 de 14 de Abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- R.D. 1215/1997 de 18 de Julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- R.D. 773/1997 de 30 de Mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

***5.2.5. Revisiones, inspecciones y pruebas periódicas reglamentarias a efectuar por parte de instaladores, de mantenedores y/o organismos de control.***

---

Generalmente, asumimos que la instalación eléctrica es un tipo de instalación que una vez realizada y puesta en funcionamiento, no precisa más cuidados que un mantenimiento sustitutivo de los elementos fungibles (fusibles, lámparas, relés, etc.).

Las instalaciones eléctricas y, especialmente, los elementos de protección contra contactos eléctricos, requieren de un proceso de revisión periódica que permita conocer el estado de los equipos y subsanar las faltas, averías o fallos en los mismos.

### 5.3. PLIEGO DE CONDICIONES DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN.

#### 5.3.1. Calidad de los materiales. Condiciones y ejecución.

Todos los materiales empleados serán de primera calidad. Cumplirán las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto y en las normas técnicas generales, y además en las de la compañía distribuidora de energía, para este tipo de materiales. Toda especificación o característica de materiales que figuren en uno solo de los documentos del proyecto, aún sin figurar en los otros, es igualmente obligatoria.

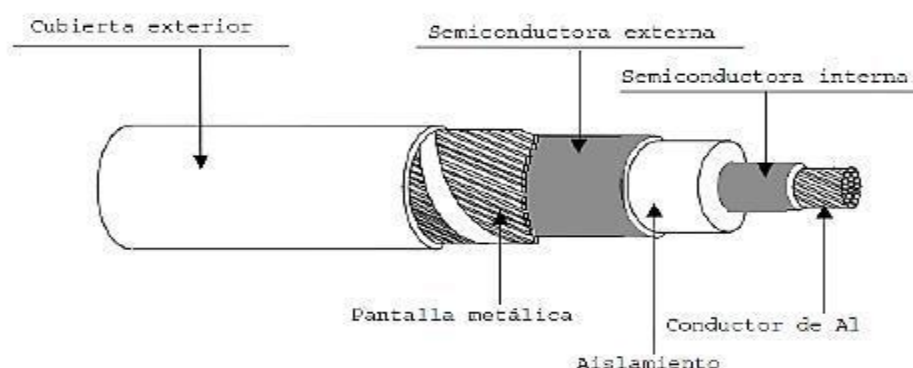
En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, el Contratista tendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al Técnico Director de la Obra, quien decidirá sobre el particular. En ningún caso podrá suplir la falta directamente, sin la autorización expresa.

Una vez adjudicada la obra y antes de iniciarse, el Contratista presentará al Técnico Director los catálogos, cartas muestra, certificados de garantía o de homologación de los materiales que vayan a emplearse. No podrán utilizarse materiales que no hayan sido aceptados por el Técnico Director.

##### 5.3.1.1. Conductores: Tendido, empalmes, terminales, cruces y protecciones.

Se utilizarán conductores de aluminio de la marca Prysmian del tipo **"AL EPROTENAX-H COMPACT 12/20 kV de sección 150 mm<sup>2</sup>"**.

La constitución del conductor será la representada en la siguiente figura:



**ILUSTRACIÓN: Cable Al Eprotenax-H Compact 12/20 kV Flamex para Media Tensión.**

El conductor estará constituido por un elemento circular compacto de clase 2 según la norma UNE 21 022, de aluminio.

El aislamiento estará constituido por un dieléctrico seco extruido, mediante el proceso denominado "triple extrusión", éste será una mezcla a base etileno propileno de alto módulo (HEPR).

La pantalla sobre el conductor estará constituida por una capa de mezcla semiconductor extruida, adherida al aislamiento en toda su superficie, de espesor medio mínimo de 0,5 mm y sin acción nociva sobre el conductor y el aislamiento.

La pantalla sobre el aislamiento estará constituida por una parte no metálica asociada a una parte metálica. La parte no metálica estará formada por una de mezcla semiconductor extruida, separable en frío, de espesor medio mínimo de 0,5 mm. La parte metálica estará constituida por una corona de alambres de Cu dispuestos en hélice a paso largo y una cinta de Cu, de una sección de 1 mm<sup>2</sup> como mínimo, aplicada con un paso no superior a cuatro veces el diámetro sobre la corona de alambres.

La cubierta exterior estará constituida por un compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1) de color rojo.

Para la protección del medio ambiente el material de cubierta exterior del cable no contendrá hidrocarburos volátiles, halógenos ni metales pesados con excepción del plomo, del que se admitirá un contenido inferior al 0,5%.

Además el cable, en su diseño y construcción, permitirá una fácil separación y recuperación de los elementos constituyentes para el reciclado o tratamiento adecuado de los mismos al final de su vida útil.

Los conductores llevarán inscritas sobre la cubierta de forma legible e indeleble las marcas siguientes:

- Nombre del fabricante y/o marca registrada.
- Designación completa del cable.
- Año de fabricación (dos últimas cifras).
- Indicación de calidad concertada, cuando la tenga.
- Identificación para la trazabilidad (nº de partida u otro).

La separación entre marcas no será superior a 30 cm.

#### ***5.3.1.1.1. Tendido de los cables.***

##### ***5.3.1.1.1.1. Manejo y preparación de bobinas.***

---

Cuando se desplace la bobina en tierra rodándola, hay que fijarse en el sentido de rotación, generalmente indicado en ella con una flecha, con el fin de evitar que se afloje el cable enrollado en la misma.

La bobina no debe almacenarse sobre un suelo blando.

Antes de comenzar el tendido del cable se estudiará el punto más apropiado para situar la bobina, generalmente por facilidad de tendido. En el caso de suelos con pendiente suele ser conveniente el canalizar cuesta abajo. También hay que tener en cuenta que si hay muchos pasos con tubo, se debe procurar colocar la bobina en la parte más alejada de los mismos, con el fin de evitar que pase la mayor parte del cable por los tubos.

Para el tendido la bobina estará siempre elevada y sujeta por un barrón y gatos de potencia apropiada al peso de la misma.

#### ***5.3.1.1.1.2. Tendido de cables en zanja.***

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado, evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc... y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable debe ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido, y superior a 10 veces su diámetro una vez instalado.

Cuando los cables se tiendan a mano, los obreros estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja.

También se puede canalizar mediante cabrestantes, tirando del extremo del cable, al que se habrá adoptado una cabeza apropiada, y con un esfuerzo de tracción por mm<sup>2</sup> de conductor que no debe sobrepasar el que indique el fabricante del mismo. En cualquier caso, el esfuerzo no será superior a 5 kg/mm<sup>2</sup> para cables unipolares con conductores de cobre. En el caso de aluminio debe reducirse a la mitad. Será imprescindible la colocación de dinamómetro para medir dicha tracción mientras se tiende.

El tendido será obligatoriamente sobre rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no puedan dañar el cable. Se colocarán en las curvas los rodillos de curva precisos de forma que el radio de curvatura no sea menor de veinte veces el diámetro del cable.

Durante el tendido del cable se tomarán precauciones para evitar al cable esfuerzos importantes, así como que sufra golpes o rozaduras. No se permitirá desplazar el cable, lateralmente, por medio de palancas u otros útiles, sino que se deberá hacer siempre a mano.

Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja, en casos muy específicos y siempre bajo la vigilancia del Supervisor de la Obra. Cuando la temperatura ambiente sea inferior a 0 grados centígrados no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento.

La zanja en toda su longitud, deberá estar cubierta con una capa de 10 cm de arena de mina o de río lavada, limpia y suelta en el fondo, antes de proceder al tendido del cable. No se dejará nunca el

cable tendido en una zanja abierta, sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con la capa de unos 10 cm de espesor de idénticas características que las anteriores.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos.

Cuando dos cables se canalicen para ser empalmados, si están aislados con papel impregnado, se cruzarán por lo menos un metro con objeto de sanear las puntas y si tienen aislamiento de plástico el cruzamiento será como mínimo de 50 cm. Las zanjas, una vez abiertas y antes de tender el cable, se recorrerán con detenimiento para comprobar que se encuentran sin piedras u otros elementos duros que puedan dañar a los cables en su tendido.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas, al terminar los trabajos, en la misma forma en que se encontraban primitivamente. Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia a la oficina de control de obras y a la empresa correspondiente, con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de la obra por parte del Contratista, tendrá las señas de los servicios públicos, así como su número de teléfono, por si tuviera que llamar comunicando la avería producida.

Si las pendientes son muy pronunciadas, y el terreno es rocoso e impermeable, se está expuesto a que la zanja sirva de drenaje, con lo que se originaría un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso, si es un talud, se deberá hacer la zanja al bias para disminuir la pendiente, y de no ser posible, conviene que en esa zona se lleve la canalización entubada y recibida con cemento.

Cuando dos o más cables de media tensión discurren paralelos entre dos subestaciones, centros de reparto, centros de transformación, etc..., deberán señalizarse debidamente, para facilitar su identificación en futuras aperturas de la zanja utilizando para ello cada metro y medio, cintas adhesivas de colores distintos para cada circuito, y en fajas de anchos diferentes para cada fase si son unipolares. De todos modos, al ir separados sus ejes 20 cm mediante un ladrillo o rasilla colocado de canto a lo largo de toda la zanja, se facilitará el reconocimiento de estos cables que además no deben cruzarse en todo el recorrido entre dos Centros de Transformación.

En el caso de canalizaciones con cables unipolares de media tensión formando ternas, la identificación es más dificultosa y por ello es muy importante que los cables o mazos de cables no cambien de posición en todo su recorrido como acabamos de indicar.

Además se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Cada metro y medio serán colocados por fase con una vuelta de cinta adhesiva y permanente, indicando fase 1, fase 2 y fase 3, utilizando para ello los colores normalizados cuando se trate de cables unipolares.

- Por otro lado, cada metro y medio envolviendo las tres fases, se colocarán unas vueltas de cinta adhesiva que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos, salvo indicación en contra del

Supervisor de Obras. En el caso de varias ternas de cables en mazos, las vueltas de cinta citadas deberán ser de colores distintos que permitan distinguir un circuito de otro.

- Cada metro y medio, envolviendo cada conductor de media tensión tripolar, serán colocadas unas vueltas de cinta adhesiva y permanente de un color distinto para cada circuito, procurando además que el ancho de la faja sea distinto en cada uno.

#### ***5.3.1.1.1.3. Tendido de los cables en tubulares.***

Cuando el cable se tienda a mano o con cabrestantes y dinamómetro, y haya que pasar el mismo por un tubo, se facilitará esta operación mediante una cuerda, unida a la extremidad del cable, que llevará incorporado un dispositivo de manga tira cables, teniendo cuidado de que el esfuerzo de tracción sea lo más débil posible, con el fin de evitar alargamiento de la funda de plomo, según se ha indicado anteriormente.

Se situará un obrero en la embocadura de cada cruce de tubo, para guiar el cable y evitar el deterioro del mismo o rozaduras en el tramo del cruce.

Los cables de media tensión unipolares de un mismo circuito, pasarán todos juntos por un mismo tubo dejándolos sin encintar dentro del mismo.

Nunca se deberán pasar dos cables trifásicos de media tensión por un tubo.

En aquellos casos especiales que a juicio del Supervisor de la Obra se instalen los cables unipolares por separado, cada fase pasará por un tubo y en estas circunstancias los tubos no podrán ser nunca metálicos.

Se evitarán en lo posible las canalizaciones con grandes tramos entubados y si esto no fuera posible se construirán arquetas intermedias en los lugares marcados en el proyecto, o en su defecto donde indique el Supervisor de Obra.

Una vez tendido el cable, los tubos se taparán perfectamente con cinta de yute Pirelli Tupir o similar, para evitar el arrastre de tierras, roedores, etc..., por su interior y servir a la vez de almohadilla del cable. Para ello se cierra el rollo de cinta en sentido radial y se ajusta a los diámetros del cable y del tubo quitando las vueltas que sobren.

#### ***5.3.1.1.2. Empalmes.***

Se realizarán los correspondientes empalmes indicados en el proyecto, cualquiera que sea su aislamiento: papel impregnado, polímero o plástico.

Para su confección se seguirán las normas dadas por el Director de Obra o en su defecto las indicadas por el fabricante del cable o el de los empalmes.



En los cables de papel impregnado se tendrá especial cuidado en no romper el papel al doblar las venas del cable, así como en realizar los baños de aceite con la frecuencia necesaria para evitar huecos. El corte de los rollos de papel se hará por rasgado y no con tijera, navaja, etc...

En los cables de aislamiento seco, se prestará especial atención a la limpieza de las trazas de cinta semiconductoras pues ofrecen dificultades a la vista y los efectos de una deficiencia en este sentido pueden originar el fallo del cable en servicio.

#### ***5.3.1.1.3. Terminales.***

---

Se utilizará el tipo indicado en el proyecto, siguiendo para su confección las normas que dicte el Director de Obra o en su defecto el fabricante del cable o el de los terminales.

En los cables de papel impregnado se tendrá especial cuidado en las soldaduras, de forma que no queden poros por donde pueda pasar humedad, así como en el relleno de las botellas, realizándose éste con calentamiento previo de la botella terminal y de forma que la pasta rebase por la parte superior.

#### ***5.3.1.1.4. Transporte de bobinas de cables.***

---

La carga y descarga, sobre camiones o remolques apropiados, se hará siempre mediante una barra adecuada que pase por el orificio central de la bobina.

Bajo ningún concepto se podrá retener la bobina con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina y se apoyen sobre la capa exterior del cable enrollado, asimismo no se podrá dejar caer la bobina al suelo desde un camión o remolque.

#### ***5.3.1.2. Accesorios.***

---

Los empalmes, terminales y derivaciones, se elegirán de acuerdo a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos.

Los terminales deberán ser, asimismo, adecuados a las características ambientales (interior, exterior, contaminación, etc.). Los empalmes y terminales se realizarán siguiendo las instrucciones de montaje dadas por el fabricante.

#### ***3.5.3.1.3. Obra civil.***

---

La obra civil llevada a cabo en esta parte del proyecto consiste en la apertura de las zanjas (en acera, cruce de calles y enterramiento de la línea de media tensión aérea) por donde discurrirán las distintas líneas, los tipos de zanjas se describen en el siguiente apartado en el cual veremos distintas disposiciones según el número de conductores a introducir en ellas.

#### ***5.3.1.4. Zanjas: Ejecución, tendido, cruzamientos, paralelismos, señalización y acabado.***

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud.

Si ha habido la posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas existentes, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas. Antes de proceder a la apertura de zanjas, se abrirán catas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Los cables se alojarán directamente enterrados bajo la acera a una altura de 1m, en zanjas de 1,10 m de profundidad mínima y una anchura que permitan las operaciones de apertura y tendido, con un valor mínimo de 0,35 m.

El radio de curvatura después de colocado el cable será como mínimo, 15 veces el diámetro. Los radios de curvatura en operaciones de tendido será superior a 20 veces su diámetro.

Los cruces de calzadas serán perpendiculares al eje de la calzada o vial, procurando evitarlos, si es posible sin perjuicio del estudio económico de la instalación en proyecto, y si el terreno lo permite.

El lecho de la zanja debe ser liso y estar libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se colocará una capa de arena de mina o de río lavada, limpia y suelta, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, y el tamaño del grano estará comprendido entre 0,2 y 3 mm, de un espesor mínimo de 0,10 m, sobre la que se depositará el cable o cables a instalar.

Encima irá otra capa de arena de idénticas características y con unos 0,10 m de espesor, y sobre ésta se instalará una protección mecánica a todo lo largo del trazado del cable, esta protección estará constituida por un tubo de plástico cuando exista 1 línea, y por un tubo y una placa cubrecables cuando el número de líneas sea mayor, las características de las placas cubrecables serán las establecidas en las NI 52.95.01. A continuación se tenderá una capa de tierra procedente de la excavación y con tierras de préstamo de, arena, todo-uno o zahorras, de 0,25 m de espesor, apisonada por medios manuales. Se cuidará que esta capa de tierra esté exenta de piedras o cascotes.

Sobre esta capa de tierra, y a una distancia mínima del suelo de 0,10 m y 0,30 m de la parte superior del cable se colocará una cinta de señalización como advertencia de la presencia de cables eléctricos, las características, color, etc., de esta cinta serán las establecidas en la NI 29.00.01.

El tubo de 160 mm Ø que se instale como protección mecánica, incluirá en su interior, como mínimo, 4 monoductos de 40 mm Ø, según NI 52.95.03, para poder ser utilizado como conducto de cables de control y redes multimedia. Se dará continuidad en todo el recorrido de este tubo, al objeto de facilitar el tendido de los cables de control, incluido en las arquetas y calas de tiro si las hubiera y obras de mantenimiento, garantizándose su estanqueidad en todo el trazado.

A continuación se terminará de rellenar la zanja con tierra procedente de la excavación y con tierras de préstamo de, arena, todo-uno o zahorras, debiendo de utilizar para su apisonado y compactación medios mecánicos. Después se colocará una capa de tierra vegetal o un firme de hormigón de H-200 de unos 0,12 m de espesor y por último se repondrá el pavimento a ser posible del mismo tipo y calidad del que existía antes de realizar la apertura.

Para los cruzamientos la zanja tendrá una anchura mínima de 0,35 m para la colocación de dos tubos rectos de 160 mm Ø aumentando la anchura en función del número de tubos a instalar. Cuando se considere necesario instalar tubo para los cables de control, se instalará un tubo más, destinado a este fin. Se dará continuidad en todo su recorrido, al objeto de facilitar el tendido de los cables de control, incluido en las arquetas y calas de tiro si las hubiera.

La profundidad de la zanja dependerá del número de tubos, pero será la suficiente para que los situados en el plano superior queden a una profundidad aproximada de 0,8 m, tomada desde la rasante del terreno a la parte inferior del tubo.

En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de unos 0,05 m aproximadamente de espesor de hormigón H-200, sobre la que se depositarán los tubos dispuestos por planos. A continuación se colocará otra capa de hormigón H-200 con un espesor de 0,10 m por encima de los tubos y envolviéndolos completamente.

La canalización deberá tener una señalización colocada de la misma forma que la indicada en el caso anterior o marcado sobre el propio tubo, para advertir de la presencia de cables de alta tensión.

Y por último, se hace el relleno de la zanja, dejando libre el espesor del pavimento, para este relleno se utilizará hormigón H-200, en las canalizaciones que no lo exijan las Ordenanzas Municipales la zona de relleno será de todo-uno o zahorra.

Después se colocará un firme de hormigón de H-200 de unos 0,30 m de espesor y por último se repondrá el pavimento a ser posible del mismo tipo y calidad del que existía antes de realizar la apertura.

### ***5.3.2. Normas generales para la ejecución de las instalaciones.***

El diseño de la instalación eléctrica estará de acuerdo con las exigencias o recomendaciones expuestas en la última edición de los siguientes códigos:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Complementarias.
- Normas UNE.
- Publicaciones del Comité Electrotécnico Internacional (CEI).
- Plan nacional y Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Normas de la Compañía Suministradora (Iberdrola).

Todos los materiales, aparatos, máquinas y conjuntos integrados en los circuitos de instalación proyectada cumplen las normas, especificaciones técnicas y homologaciones que le son establecidas como de obligado cumplimiento por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Por lo tanto la instalación se ajustará a los planos, materiales y calidades de dicho proyecto, salvo orden facultativa en contra.

Corresponderá al Contratista la responsabilidad de la ejecución de las instalaciones que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

El Contratista tendrá al frente de la obra un encargado con autoridad sobre los demás operarios y conocimientos acreditados y suficientes para la ejecución de la obra.

El encargado recibirá, cumplirá y transmitirá las instrucciones y órdenes del Técnico Director de la obra.

El Contratista tendrá en la obra, el número y clase de operarios que hagan falta para el volumen y naturaleza de los trabajos que se realicen, los cuáles serán de reconocida aptitud y experimentados en el oficio. El Contratista estará obligado a separar de la obra, a aquel personal que a juicio del Técnico Director no cumpla con sus obligaciones, realice el trabajo defectuosamente, bien por falta de conocimientos o por obrar de mala fe.

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, bajo las aceras y evitando ángulos pronunciados.

El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales, cuidando de no afectar a las cimentaciones de los mismos.

Antes de comenzar los trabajos de apertura de zanjas, se marcarán en el terreno las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se dejen llaves para la contención del terreno.

Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas existentes, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas. Antes de proceder a la apertura de zanjas, se abrirán catas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de las zanjas como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, garajes, etc..., así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos.

Al marcar el trazado de las zanjas, se tendrá en cuenta el radio mínimo de curvatura de las mismas, que no podrá ser inferior a 10 veces el diámetro de los cables que se vayan a canalizar en la posición definitiva y 20 veces en el tendido.

Las zanjas se harán verticales hasta la profundidad determinada, colocándose entubaciones en los casos en que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

La zona de trabajo estará adecuadamente vallada, y dispondrá de las señalizaciones necesarias y de iluminación nocturna en ámbar rojo.

El vallado debe abarcar todo elemento que altere la superficie vial (caseta, maquinaria, materiales apilados, etc), será continuo en todo su perímetro y con vallas consistentes y perfectamente alineadas, delimitando los espacios destinados a viandantes, tráfico rodado y canalización. La obra estará identificada mediante letreros normalizados por los ayuntamientos.

Se instalará la señalización vertical necesaria para garantizar la seguridad de los viandantes, automovilistas y personal de la obra. Las señales de tránsito a disponer serán, como mínimo, las exigidas por el código de circulación y las ordenanzas vigentes.

#### **5.4. PLIEGO DE CONDICIONES DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.**

##### **5.4.1. Calidades de los materiales.**

###### **5.4.1.1. Obra civil.**

Las envolventes empleadas en la ejecución de este proyecto cumplirán las condiciones generales prescritas en el MIE-RAT 14, Instrucción Primera del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas, en lo referente a su inaccesibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua, alcantarillado, canalizaciones, cuadros y pupitres de control, celdas, ventilación, paso de líneas y canalizaciones eléctricas a través de paredes, muros y tabiques. Señalización, sistemas contra incendios, alumbrados, primeros auxilios, pasillos de servicio y zonas de protección y documentación.

###### **5.4.1.2. Aparamenta de Media Tensión.**

Las celdas empleadas serán prefabricadas, con envolvente metálica, y que utilicen gas para cumplir dos misiones:

- **Aislamiento:** El aislamiento integral en gas confiere a la aparamenta sus características de resistencia al medio ambiente, bien sea a la polución del aire, a la humedad, o incluso a la eventual sumersión del centro por efecto de riadas. Por ello, esta característica es esencial especialmente en las zonas con alta polución, en las zonas con clima agresivo (costas marítimas y zonas húmedas) y en las zonas más expuestas a riadas o entradas de agua en el centro.
- **Corte:** El corte en gas resulta más seguro que el aire, debido a lo explicado para el aislamiento.

Igualmente, las celdas empleadas habrán de permitir la extensibilidad "in situ" del centro, de forma que sea posible añadir más líneas o cualquier otro tipo de función, sin necesidad de cambiar la aparamenta previamente existente en el centro.

Las celdas podrán incorporar protecciones del tipo autoalimentado, es decir, que no necesitan imperativamente alimentación externa. Igualmente, estas protecciones serán electrónicas, dotadas de curvas CEI normalizadas (bien sean normalmente inversas, muy inversas o extremadamente inversas), y entrada para disparo por termostato sin necesidad de alimentación auxiliar.

#### ***5.4.1.3. Transformadores.***

El transformador o transformadores instalados en los Centros de Transformación serán trifásicos, con neutro accesible en el secundario y demás características según lo indicado en la Memoria en los apartados correspondientes a potencia, tensiones primarias y secundarias, regulación en el primario, grupo de conexión, tensión de cortocircuito y protecciones propias del transformador.

Estos transformadores se instalarán, en caso de incluir un líquido refrigerante, sobre una plataforma ubicada encima de un foso de recogida, de forma que en caso de que se derrame e incendie, el fuego quede confinado en la celda del transformador, sin difundirse por los pasos de cable ni otras aberturas al resto del Centro de Transformación, si estos son de maniobra interior (tipo caseta).

Los transformadores, para mejor ventilación, estarán situados en la zona de flujo natural de aire, de forma que la entrada de aire esté situada en la parte inferior de las paredes adyacentes al mismo y las salidas de aire en la zona superior de esas paredes.

#### ***5.4.1.4. Equipos de medida.***

Al tratarse de Centros para distribución pública, no se incorpora medida de energía en MT, por lo que ésta se efectuará en las condiciones establecidas en cada uno de los ramales en el punto de derivación hacia cada cliente en BT, atendiendo a lo especificado en el Reglamento de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

- **Puesta en servicio:**

El personal encargado de realizar las maniobras estará debidamente autorizado y adiestrado.

Las maniobras se realizarán en el siguiente orden:

Primero se conectará el interruptor/seccionador de entrada, si lo hubiere. A continuación se conectará la aparamenta de conexión siguiente hasta llegar al transformador, con lo cual tendremos a éste trabajando para hacer las comprobaciones oportunas.

Una vez realizadas las maniobras de Media Tensión, procederemos a conectar la red de Baja Tensión.

- **Separación de servicio:**

Estas maniobras se ejecutarán en sentido inverso a las realizadas en la puesta en servicio y no se darán por finalizadas mientras no esté conectado el seccionador de puesta a tierra.

- **Mantenimiento:**

Para dicho mantenimiento se tomarán las medidas oportunas para garantizar la seguridad del personal.

Este mantenimiento consistirá en la limpieza, engrasado y verificación de los componentes fijos y móviles de todos aquellos elementos que fuese necesario.

Las celdas tipo CGMcosmos de ORMAZABAL, empleadas en la instalación, no necesitan mantenimiento interior, al estar aislada su armaria interior en gas, evitando de esta forma el deterioro de los circuitos principales de la instalación.

#### ***5.4.2. Normas de ejecución de las instalaciones.***

---

Todos los materiales, aparatos, máquinas, y conjuntos integrados en los circuitos de instalación proyectada cumplen las normas, especificaciones técnicas, y homologaciones que le son establecidas como de obligado cumplimiento por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Por lo tanto, la instalación se ajustará a los planos, materiales, y calidades de dicho proyecto, salvo orden facultativa en contra.

#### ***5.4.3. Revisiones y pruebas reglamentarias al finalizar la obra.***

---

Las pruebas y ensayos a que serán sometidos los equipos y/o edificios una vez terminada su fabricación serán las que establecen las normas particulares de cada producto, que se encuentran en vigor y que aparecen como normativa de obligado cumplimiento en el MIE-RAT 02.

#### ***5.4.4. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.***

---

El centro deberá estar siempre perfectamente cerrado, de forma que impida el acceso de las personas ajenas al servicio. En el interior del centro no se podrá almacenar ningún elemento que no pertenezca a la propia instalación.

Para la realización de las maniobras oportunas en el centro se utilizará banquillo, palanca de accionamiento, guantes, etc., y deberán estar siempre en perfecto estado de uso, lo que se comprobará periódicamente. Antes de la puesta en servicio en carga del centro, se realizará una puesta en servicio en vacío para la comprobación del correcto funcionamiento de las máquinas.

Se realizarán unas comprobaciones de las resistencias de aislamiento y de tierra de los diferentes componentes de la instalación eléctrica.

Toda la instalación eléctrica debe estar correctamente señalizada y debe disponer de las advertencias e instrucciones necesarias de modo que se eviten los errores de interrupción, maniobras incorrectas, y contactos accidentales con los elementos en tensión o cualquier otro tipo de accidente.

Se colocarán las instrucciones sobre los primeros auxilios que deben presentarse en caso de accidente en un lugar perfectamente visible.



#### ***5.4.5. Certificados y documentación.***

---

Se adjuntarán, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos competentes, las documentaciones indicadas a continuación:

- Autorización administrativa de la obra.
- Proyecto firmado por un técnico competente.
- Certificado de tensión de paso y contacto, emitido por una empresa homologada.
- Certificación de fin de obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Conformidad por parte de la compañía suministradora.

#### ***5.4.6. Libro de órdenes.***

---

Se dispondrá en este centro de un libro de órdenes, en el que se registrarán todas las incidencias surgidas durante la vida útil del citado centro, incluyendo cada visita, revisión, etc.

### **5.5. PLIEGO DE CONDICIONES ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.**

Se redacta este Pliego en cumplimiento del artículo 5.2.b del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de Construcción.

Se refiere este Pliego, en consecuencia, a partir de la enumeración de las normas legales y reglamentarias aplicables a la obra, al establecimiento de las prescripciones organizativas y técnicas que resultan exigibles en relación con la prevención de riesgos laborales en el curso de la construcción y, en particular, a la definición de la organización preventiva que corresponde al contratista y, en su caso, a los subcontratistas de la obra y a sus actuaciones preventivas, así como a la definición de las prescripciones técnicas que deben cumplir los sistemas y equipos de protección que hayan de utilizarse en las obras, formando parte o no de equipos y máquinas de trabajo.

Dadas las características de las condiciones a regular, el contenido de este Pliego se encuentra sustancialmente complementado con las definiciones efectuadas en la Memoria de este Estudio de Seguridad y Salud, en todo lo que se refiere a características técnicas preventivas a cumplir por los equipos de trabajo y máquinas, así como por los sistemas y equipos de protección personal y colectiva a utilizar, su composición, transporte, almacenamiento y reposición, según corresponda.

En estas circunstancias, el contenido normativo de este Pliego ha de considerarse ampliado con las previsiones técnicas de la Memoria, formando ambos documentos un sólo conjunto de prescripciones exigibles durante la ejecución de la obra.

#### **5.5.1. Legislación y normas aplicables.**

El cuerpo legal y normativo de obligado cumplimiento está constituido por diversas normas de muy variados condición y rango, actualmente condicionadas por la situación de vigencias que deriva de la Ley 31/1.995, de Prevención de Riesgos Laborales, excepto en lo que se refiere a los reglamentos dictados en desarrollo directo de dicha Ley que, obviamente, están plenamente vigentes y condicionan o derogan, a su vez, otros textos normativos precedentes.

Con todo, el marco normativo vigente, propio de Prevención de Riesgos Laborales en el ámbito del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, se concreta del modo siguiente:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (B.O.E. del 10-11-95).  
Modificaciones en la Ley 50/1998, de 30 de diciembre.
- Estatuto de los Trabajadores (Real Decreto Legislativo 1/95, de 24 de marzo)

- Reglamento de los Servicios de Prevención (Real Decreto 39/97, de 17 de enero, B.O.E. 31-01-97)
- Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención (Real Decreto 780/1998, de 30 de abril, B.O.E. 01-05-98)
- Desarrollo del Reglamento de los Servicios de Prevención (O.M. de 27-06-97, B.O.E. 04-07-97)
- Reglamento sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de Construcción (Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, B.O.E. 25-10-97)
- Reglamento sobre disposiciones mínimas en materia de Señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo (Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, B.O.E. 23-04-97)
- Reglamento sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los Lugares Trabajo [excepto Construcción] (Real Decreto 486/97, de 14 de abril, B.O.E. 23-04-97)
- Reglamento sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la Manipulación de Cargas (Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, B.O.E. 23-04-97)
- Reglamento sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas al trabajo con Equipos que incluyen Pantallas de Visualización (Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, B.O.E. 23-04-97)
- Reglamento de Protección de los trabajadores contra los Riesgos relacionados con la Exposición a Agentes Biológicos durante el trabajo (Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, B.O.E. 24-05-97)
- Adaptación en función del progreso técnico del Real Decreto 664/1997 (Orden de 25 de marzo de 1998 (corrección de errores del 15 de abril)
- Reglamento de Protección de los trabajadores contra los Riesgos relacionados con la Exposición a Agentes Cancerígenos durante el trabajo (Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, B.O.E. 24-05-97)
- Reglamento sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de Equipos de Protección Individual (Real Decreto 773/1997, de 22 de mayo, B.O.E. 12-06-97)
- Reglamento sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los trabajadores de los Equipos de Trabajo (Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, B.O.E. 07-08-97)
- Real Decreto 949/1997, de 20 de junio, por el que se establece el certificado de profesionalidad de la ocupación de técnico de riesgos laborales.
- Real Decreto 216/1999, de 5 de febrero, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito de las empresas de trabajo temporal. Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero por el que se aprueba el nuevo Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC LAT 01 a 09.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

Junto a las anteriores, que constituyen el marco legal actual, tras la promulgación de la Ley de Prevención, debe considerarse un amplio conjunto de normas de prevención laboral que, si bien de forma desigual y a veces dudosa, permanecen vigentes en alguna parte de sus respectivos textos. Entre ellas, cabe citar las siguientes:

- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.M. de 09-03-71, B.O.E. 16-03-71; vigente el capítulo 6 del título II)
- Ordenanza Laboral de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-08-70, B.O.E. 09-09-70), utilizable como referencia técnica, en cuanto no haya resultado mejorado, especialmente en su capítulo XVI, excepto las Secciones Primera y Segunda, por remisión expresa del Convenio General de la Construcción, en su Disposición Final Primera.2.
- Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, que regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los Equipos de Protección Individual (B.O.E. 28-12-92)
- Real Decreto 1316/1989, de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al Ruido durante el trabajo (B.O.E. 02-11-89)
- Orden de 31 de octubre de 1984, (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social) por la que se aprueba el Reglamento sobre trabajos con riesgo por amianto.
- Convenio Colectivo Provincial de la Construcción.

Además, han de considerarse otras normas de carácter preventivo con origen en otros Departamentos ministeriales, especialmente del Ministerio de Industria, y con diferente carácter de aplicabilidad, ya como normas propiamente dichas, ya como referencias técnicas de interés, a saber:

- Ley de Industria (Ley 21/1992, de 16 de julio, B.O.E. 26-07-92)
- Real Decreto 474/1.988, de 30 de marzo, por el que se establecen las disposiciones de aplicación de la Directiva 84/528/CEE, sobre aparatos elevadores y manejo mecánico (B.O.E. 20-05-88)
- Real Decreto 1495/1.986, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad en las Máquinas (B.O.E. 21-07-86) y Reales Decretos 590/1.989 (B.O.E. 03-06-89) y 830/1.991 (B.O.E. 31-05-91) de modificación del primero.
- O.M. de 07-04-88, por la que se aprueba la Instrucción Técnica Reglamentaria MSG-SM1, del Reglamento de Seguridad de las Máquinas, referente a máquinas, elementos de máquinas o sistemas de protección usados (B.O.E. 15-04-88).
- Real Decreto 1435/1.992, sobre disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de legislaciones de los estados miembros sobre Máquinas (B.O.E. 11-12-92).
- Real Decreto 56/1995, de 20 de enero, que modifica el anterior 1435/1992.
- Real Decreto 2291/1985, de 8 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención (B.O.E. 11-12-85) e instrucciones técnicas complementarias. en lo que pueda quedar vigente.

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión 2002 e Instrucciones técnicas complementarias
- Decreto 3115/1968, de 28 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión (B.O.E. 27-12-68)
- Real Decreto 245/1.989 sobre determinación y limitación de la potencia acústica admisible de determinado material y maquinaria de obra (B.O.E. 11-03-89) y Real Decreto 71/1.992, por el que se amplía el ámbito de aplicación del anterior, así como Órdenes de desarrollo.
- Real Decreto 2114/1.978, por el que se aprueba el Reglamento de Explosivos (B.O.E. 07-09-78).
- Real Decreto 1389/1.997, por el que se establecen disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras (B.O.E. 07-10-97).
- Normas Tecnológicas de la Edificación, del Ministerio de Fomento, aplicables en función de las unidades de obra o actividades correspondientes.
- Normas de determinadas Comunidades Autónomas, vigentes en las obras en su territorio, que pueden servir de referencia para las obras realizadas en los territorios de otras comunidades. Destacan las relativas a los Andamios tubulares (p.ej.: Orden 2988/1988, de 30 de junio, de la Consejería de Economía y Empleo de la Comunidad de Madrid), a las Grúas (p.ej.: Orden 2243/1997, sobre grúas torre desmontables, de 28 de julio, de la Consejería de Economía y Empleo de la Comunidad de Madrid y Orden.
- 7881/1988, de la misma, sobre el carné de Operador de grúas y normas complementarias por Orden 7219/1999, de 11 de octubre), etc.
- Diversas normas competenciales, reguladoras de procedimientos administrativos y registros que pueden resultar aplicables a la obra, cuya relación puede resultar excesiva, entre otras razones, por su variabilidad en diferentes comunidades autónomas del Estado. Su consulta idónea puede verse facilitada por el coordinador de seguridad y salud de la obra.

#### ***5.5.2. Obligaciones de las diversas partes intervinientes en la obra.***

En cumplimiento de la legislación aplicable y, de manera específica, de lo establecido en la Ley 31/1.995, de Prevención de Riesgos Laborales, en el Real Decreto 39/1.997, de los Servicios de Prevención, y en el Real Decreto 1627/1.997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, corresponde a Dirección General de Carreteras, en virtud de la delegación de funciones efectuada por el Secretario de Estado de Infraestructuras en los Jefes de las demarcaciones territoriales, la designación del coordinador de seguridad y salud de la obra, así como la aprobación del Plan de Seguridad y Salud propuesto por el contratista de la obra, con el preceptivo informe y propuesta del coordinador, así como remitir el Aviso Previo a la Autoridad laboral competente.

En cuanto al contratista de la obra, viene éste obligado a redactar y presentar, con anterioridad al comienzo de los trabajos, el Plan de Seguridad y Salud de la obra, en aplicación y desarrollo del presente Estudio y de acuerdo con lo establecido en el artículo 7 del citado Real Decreto 1627/1997.

El Plan de Seguridad y Salud contendrá, como mínimo, una breve descripción de la obra y la relación de sus principales unidades y actividades a desarrollar, así como el programa de los trabajos con indicación de los trabajadores concurrentes en cada fase y la evaluación de los riesgos esperables en la obra. Además, específicamente, el Plan expresará resumidamente las medidas preventivas previstas en el presente Estudio que el contratista admita como válidas y suficientes para evitar o proteger los riesgos evaluados y presentará las alternativas a aquéllas que considere conveniente modificar, justificándolas técnicamente.

Finalmente, el plan contemplará la valoración económica de tales alternativas o expresará la validez del Presupuesto del presente estudio de Seguridad y Salud. El plan presentado por el contratista no reiterará obligatoriamente los contenidos ya incluidos en este Estudio, aunque sí deberá hacer referencia concreta a los mismos y desarrollarlos específicamente, de modo que aquéllos serán directamente aplicables a la obra, excepto en aquellas alternativas preventivas definidas y con los contenidos desarrollados en el Plan, una vez aprobado éste reglamentariamente.

Las normas y medidas preventivas contenidas en este Estudio y en el correspondiente Plan de Seguridad y Salud, constituyen las obligaciones que el contratista viene obligado a cumplir durante la ejecución de la obra, sin perjuicio de los principios y normas legales y reglamentarias que le obligan como empresario.

En particular, corresponde al contratista cumplir y hacer cumplir el Plan de Seguridad y Salud de la obra, así como la normativa vigente en materia de prevención de riesgos laborales y la coordinación de actividades preventivas entre las empresas y trabajadores autónomos concurrentes en la obra, en los términos previstos en el artículo 24 de la Ley de Prevención, informando y vigilando su cumplimiento por parte de los subcontratistas y de los trabajadores autónomos sobre los riesgos y medidas a adoptar, emitiendo las instrucciones internas que estime necesarias para velar por sus responsabilidades en la obra, incluidas las de carácter solidario, establecidas en el artículo 42.2 de la mencionada Ley.

Los subcontratistas y trabajadores autónomos, sin perjuicio de las obligaciones legales y reglamentarias que les afectan, vendrán obligados a cumplir cuantas medidas establecidas en este Estudio o en el Plan de Seguridad y Salud les afecten, a proveer y velar por el empleo de los equipos de protección individual y de las protecciones colectivas o sistemas preventivos que deban aportar, en función de las normas aplicables y, en su caso, de las estipulaciones contractuales que se incluyan en el Plan de Seguridad y Salud o en documentos jurídicos particulares.

En cualquier caso, las empresas contratista, subcontratistas y trabajadores autónomos presentes en la obra estarán obligados a atender cuantas indicaciones y requerimientos les formule el coordinador de seguridad y salud, en relación con la función que a éste corresponde de seguimiento del Plan de Seguridad y Salud de la obra y, de manera particular, aquéllos que se refieran a incumplimientos de dicho Plan y a supuestos de riesgos graves e inminentes en el curso de ejecución de la obra.

### ***5.5.3. Servicios de prevención.***

La empresa adjudicataria vendrá obligada a disponer de una organización especializada de prevención de riesgos laborales, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 39/1997, citado: cuando posea una plantilla superior a los 250 trabajadores, con Servicio de Prevención propio, mancomunado o ajeno contratado a tales efectos, en cualquier caso debidamente acreditados ante la Autoridad laboral competente, o, en supuestos de menores plantillas, mediante la designación de un trabajador (con plantillas inferiores a los 50 trabajadores) o de dos trabajadores (para plantillas de 51 a 250 trabajadores), adecuadamente formados y acreditados a nivel básico, según se establece en el mencionado Real Decreto 39/1997.

La empresa contratista encomendará a su organización de prevención la vigilancia de cumplimiento de sus obligaciones preventivas en la obra, plasmada en el Plan de Seguridad y Salud, así como la asistencia y asesoramiento al Jefe de obra en cuantas cuestiones de seguridad se planteen a lo largo de la construcción.

Cuando la empresa contratista venga obligada a disponer de un servicio técnico de prevención, estará obligada, asimismo, a designar un técnico de dicho servicio para su actuación específica en la obra. Este técnico deberá poseer la preceptiva acreditación superior o, en su caso, de grado medio a que se refiere el mencionado Real Decreto 39/1997, así como titulación académica y desempeño profesional previo adecuado y aceptado por el coordinador en materia de seguridad y salud, a propuesta expresa del jefe de obra.

Al menos uno de los trabajadores destinados en la obra poseerá formación y adiestramiento específico en primeros auxilios a accidentados, con la obligación de atender a dicha función en todos aquellos casos en que se produzca un accidente con efectos personales o daños o lesiones, por pequeños que éstos sean.

Los trabajadores destinados en la obra poseerán justificantes de haber pasado reconocimientos médicos preventivos y de capacidad para el trabajo a desarrollar, durante los últimos doce meses, realizados en el departamento de Medicina del Trabajo de un Servicio de Prevención acreditado.

El Plan de Seguridad y Salud establecerá las condiciones en que se realizará la información a los trabajadores, relativa a los riesgos previsibles en la obra, así como las acciones formativas pertinentes.

El coste económico de las actividades de los servicios de prevención de las empresas correrá a cargo, en todo caso, de las mismas, estando incluidos como gastos generales en los precios correspondientes a cada una de las unidades productivas de la obra, al tratarse de obligaciones intrínsecas a su condición empresarial.

#### ***5.5.4. Instalaciones y servicios de higiene y bienestar de los trabajadores.***

Los vestuarios, comedores, servicios higiénicos, lavabos y duchas a disponer en la obra quedarán definidos en el Plan de Seguridad y Salud, de acuerdo con las normas específicas de aplicación y, específicamente, con los apartados 15 a 18 de la Parte A del Real Decreto 1627/1.997, citado. En cualquier caso, se dispondrá de un inodoro cada 25 trabajadores, utilizable por éstos y situado a menos de 50 metros de los lugares de trabajo; de un lavabo por cada 10 trabajadores y de una taquilla o lugar adecuado para dejar la ropa y efectos personales por trabajador. Se dispondrá asimismo en la obra de agua potable en cantidad suficiente y adecuadas condiciones de utilización por parte de los trabajadores.

Se dispondrá siempre de un botiquín, ubicado en un local de obra, en adecuadas condiciones de conservación y contenido y de fácil acceso, señalizado y con indicación de los teléfonos de urgencias a utilizar. Existirá al menos un trabajador formado en la prestación de primeros auxilios en la obra. Todas las instalaciones y servicios a disponer en la obra vendrán definidos concretamente en el plan de seguridad y salud y en lo previsto en el presente estudio, debiendo contar, en todo caso, con la conservación y limpieza precisos para su adecuada utilización por parte de los trabajadores, para lo que el jefe de obra designará personal específico en tales funciones.

El coste de instalación y mantenimiento de los servicios de higiene y bienestar de los trabajadores correrá a cargo del contratista, sin perjuicio de que consten o no en el presupuesto de la obra y que, en caso afirmativo, sean retribuidos por la Administración de acuerdo con tales presupuestos, siempre que se realicen efectivamente.

#### ***5.5.5. Condiciones a cumplir por los equipos de protección personal.***

Todos los equipos de protección personal utilizados en la obra tendrán fijado un periodo de vida útil, a cuyo término el equipo habrá de desecharse obligatoriamente. Si antes de finalizar tal periodo, algún equipo sufriera un trato límite (como en supuesto de un accidente, caída o golpeo del equipo, etc.) o experimente un envejecimiento o deterioro más rápido del previsible, cualquiera que sea su causa, será igualmente desechado y sustituido, al igual que cuando haya adquirido mayor holgura que las tolerancias establecidas por el fabricante.

Un equipo de protección individual nunca será permitido en su empleo si se detecta que representa o introduce un riesgo por su mera utilización.

Todos los equipos de protección individual se ajustarán a las normas contenidas en los Reales Decretos 1407/1992 y 773/1997, ya mencionados. Adicionalmente, en cuanto no se vean modificadas por lo anteriores, se considerarán aplicables las Normas Técnicas Reglamentarias M.T. de homologación de los equipos, en aplicación de la O.M. de 17-05-1.974 (B.O.E. 29-05-74).



Las presentes prescripciones se considerarán ampliadas y complementadas con las medidas y normas aplicables a los diferentes equipos de protección individual y a su utilización, definidas en la Memoria de este estudio de seguridad y salud y que no se considera necesario reiterar aquí.

El coste de adquisición, almacenaje y mantenimiento de los equipos de protección individual de los trabajadores de la obra correrá a cargo del contratista o subcontratistas correspondientes, siendo considerados presupuestariamente como costes indirectos de cada unidad de obra en que deban ser utilizados, como corresponde a elementos auxiliares mínimos de la producción, reglamentariamente exigibles e independientes de la clasificación administrativa laboral de la obra y, consecuentemente, independientes de su presupuesto específico.

Las protecciones personales que se consideran, sin perjuicio de normativa específica que resulte aplicable, de utilización mínima exigible en la obra, se establecen en el Anejo I de este Pliego, para las diferentes unidades productivas de la obra.

Sin perjuicio de lo anterior, si figuran en el presupuesto de este estudio de seguridad y salud los costes de los equipos de protección individual que deban ser usados en la obra por el personal técnico, de supervisión y control o de cualquier otro tipo, incluidos los visitantes, cuya presencia en la obra puede ser prevista. En consecuencia estos costes serán retribuidos por la Administración de acuerdo con este presupuesto, siempre que se utilicen efectivamente en la obra.

#### ***5.5.6. Condiciones de las protecciones colectivas.***

En la Memoria de este estudio se contemplan numerosas definiciones técnicas de los sistemas y protecciones colectivas que están previstos aplicar en la obra, en sus diferentes actividades o unidades de obra. Dichas definiciones tienen el carácter de prescripciones técnicas mínimas, por lo que no se considera necesario ni útil su repetición aquí, sin perjuicio de la remisión de este Pliego a las normas reglamentarias aplicables en cada caso y a la concreción que se estima precisa en las prescripciones técnicas mínimas de algunas de las protecciones que serán abundantemente utilizables en el curso de la obra.

Así, las vallas autónomas de protección y delimitación de espacios estarán construidas a base de tubos metálicos soldados, tendrán una altura mínima de 90 cm. y estarán pintadas en blanco o en amarillo o naranja luminosos, manteniendo su pintura en correcto estado de conservación y no presentando indicios de óxido ni elementos doblados o rotos en ningún momento.

Los pasillos cubiertos de seguridad que deban utilizarse en estructuras estarán contruidos con pórticos de madera, con pies derechos y dinteles de tablonos embridados, o metálicos a base de tubos y perfiles y con cubierta cuajada de tablonos o de chapa de suficiente resistencia ante los impactos de los objetos de caída previsible sobre los mismos. Podrán disponerse elementos amortiguadores sobre la cubierta de estos pasillos.

Las redes perimetrales de seguridad con pescantes de tipo horca serán de poliamida.

Las redes de bandeja o recogida se situarán en un nivel inferior, pero próximo al de trabajo, con altura de caída sobre la misma siempre inferior a 6 metros.

Las barandillas de pasarelas y plataformas de trabajo tendrán suficiente resistencia, por sí mismas y por su sistema de fijación y anclaje, para garantizar la retención de los trabajadores, incluso en hipótesis de impacto por desplazamiento o desplome violento. La resistencia global de referencia de las barandillas queda cifrada en 150 Kg./m., como mínimo.

Los cables de sujeción de cinturones y arneses de seguridad y sus anclajes tendrán suficiente resistencia para soportar los esfuerzos derivados de la caída de un trabajador al vacío, con una fuerza de inercia calculada en función de la longitud de cuerda utilizada. Estarán, en todo caso, anclados en puntos fijos de la obra ya construida (esperas de armadura, argollas empotradas, pernos, etc.) o de estructuras auxiliares, como pórticos que pueda ser preciso disponer al efecto.

Todas las pasarelas y plataformas de trabajo tendrán anchos mínimos de 60 cm. y, cuando se sitúen a más de 2,00 m. del suelo, estarán provistas de barandillas de al menos 90 cm. de altura, con listón intermedio y rodapié de 15 cm como mínimo.

Las escaleras de mano estarán siempre provistas de zapatas antideslizantes y presentarán la suficiente estabilidad. Nunca se utilizarán escaleras unidas entre sí en obra, ni dispuestas sobre superficies irregulares o inestables, como tablas, ladrillos u otros materiales sueltos.

La resistencia de las tomas de tierra no será superior a aquella que garantice una tensión máxima de 24 V., de acuerdo con la sensibilidad del interruptor diferencial que, como mínimo, será de 30 mA para alumbrado y de 300 mA para fuerza.

Se comprobará periódicamente que se produce la desconexión al accionar el botón de prueba del interruptor diferencial, siendo absolutamente obligatorio proceder a una revisión de éste por personal especializado o sustituirlo, cuando la desconexión no se produce.

Todo cuadro eléctrico general, totalmente aislado en sus partes activas, irá provisto de un interruptor general de corte omnipolar, capaz de dejar a toda la zona de la obra sin servicio. Los cuadros de distribución deberán tener todas sus partes metálicas conectadas a tierra.

Todos los elementos eléctricos, como fusibles, cortacircuitos e interruptores, serán de equipo cerrado, capaces de imposibilitar el contacto eléctrico fortuito de personas o cosas, al igual que los bornes de conexiones, que estarán provistas de protectores adecuados. Se dispondrán interruptores, uno por enchufe, en el cuadro eléctrico general, al objeto de permitir dejar sin corriente los enchufes en los que se vaya a conectar maquinaria de 10 o más amperios, de manera que sea posible enchufar y desenchufar la máquina en ausencia de corriente.

Los tableros portantes de bases de enchufe de los cuadros eléctricos auxiliares se fijarán eficazmente a elementos rígidos, de forma que se impida el desenganche fortuito de los conductores

de alimentación, así como contactos con elementos metálicos que puedan ocasionar descargas eléctricas a personas u objetos.

Las lámparas eléctricas portátiles tendrán mango aislante y dispositivo protector de la lámpara, teniendo alimentación de 24 voltios o, en su defecto, estar alimentadas por medio de un transformador de separación de circuitos.

Todas las máquinas eléctricas dispondrán de conexión a tierra, con resistencia máxima permitida de los electrodos o placas de 5 a 10 ohmios, disponiendo de cables con doble aislamiento impermeable y de cubierta suficientemente resistente. Las mangueras de conexión a las tomas de tierra llevarán un hilo adicional para conexión al polo de tierra del enchufe.

Los extintores de obra serán de polvo polivalente y cumplirán la Norma UNE 23010, colocándose en los lugares de mayor riesgo de incendio, a una altura de 1,50 m. sobre el suelo y estarán adecuadamente señalizados.

En cuanto a la señalización de la obra, es preciso distinguir en la que se refiere a la deseada información o demanda de atención por parte de los trabajadores y aquella que corresponde al tráfico exterior afectado por la obra. En el primer caso son de aplicación las prescripciones establecidas por el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, ya citado en este Pliego, en tanto que la señalización y el balizamiento del tráfico, en su caso, vienen regulados por la Norma 8.3IC de la Dirección General de Carreteras, como corresponde a su contenido y aplicación técnica.

Esta distinción no excluye la posible complementación de la señalización de tráfico durante la obra cuando la misma se haga exigible para la seguridad de los trabajadores que trabajen en la inmediación de dicho tráfico, en evitación de intromisiones accidentales de éste en las zonas de trabajo.

Dichos complementos, cuando se estimen necesarios, deberán figurar en el plan de seguridad y salud de la obra.

Todas las protecciones colectivas de empleo en la obra se mantendrán en correcto estado de conservación y limpieza, debiendo ser controladas específicamente tales condiciones, en las condiciones y plazos que en cada caso se fijen en el plan de seguridad y salud.

Las presentes prescripciones se considerarán ampliadas y complementadas con las medidas y normas aplicables a los diferentes sistemas de protección colectiva y a su utilización, definidas en la Memoria de este estudio de seguridad y salud y que no se considera necesario reiterar aquí.

El coste de adquisición, construcción, montaje, almacenamiento y mantenimiento de los equipos de protección colectiva utilizados en la obra correrá a cargo del contratista o subcontratistas correspondientes, siendo considerados presupuestariamente como costes indirectos de cada unidad de obra en que deban ser utilizados, como corresponde a elementos auxiliares mínimos de la producción, reglamentariamente exigibles e independientes de la clasificación administrativa laboral de la obra y, consecuentemente, independientes de su presupuesto específico.

Las protecciones colectivas que se consideran, sin perjuicio de normativa específica que resulte aplicable, de utilización mínima exigible en la obra, se establecen en el Anejo I, para las diferentes unidades productivas de la obra.

Sin perjuicio de lo anterior, si figuran en el presupuesto de este estudio de seguridad y salud los sistemas de protección colectiva y la señalización que deberán ser dispuestos para su aplicación en el conjunto de actividades y movimientos en la obra o en un conjunto de tajos de la misma, sin aplicación estricta a una determinada unidad de obra. En consecuencia, estos costes serán retribuidos por la Administración de acuerdo con este presupuesto, siempre que sean dispuestos efectivamente en la obra.

## **5.6. PLIEGO DE CONDICIONES PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS.**

### **5.6.1. Obligaciones Agentes Intervinientes.**

Además de las obligaciones previstas en la normativa aplicable, la persona física o jurídica que ejecute la obra estará obligada a presentar a la propiedad de la misma un plan que refleje cómo llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación con los residuos de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra. El plan, una vez aprobado por la dirección facultativa y aceptado por la propiedad, pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.

- El poseedor de residuos de construcción y demolición, cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo, y sin perjuicio de los requerimientos del proyecto aprobado, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión. Los residuos de construcción y demolición se destinarán preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización y en última instancia a depósito en vertedero.
- Según exige el Real Decreto 105/2008, que regula la producción y gestión de los residuos de construcción y de demolición, el poseedor de los residuos estará obligado a sufragar los correspondientes costes de gestión de los residuos.
- El productor de residuos (promotor) habrá de obtener del poseedor (contratista) la documentación acreditativa de que los residuos de construcción y demolición producidos en la obra han sido gestionados en la misma ó entregados a una instalación de valorización ó de eliminación para su tratamiento por gestor de residuos autorizado, en los términos regulados en la normativa y, especialmente, en el plan o en sus modificaciones. Esta documentación será conservada durante cinco años.
- En las obras de edificación sujetas la licencia urbanística la legislación autonómica podrá imponer al promotor (productor de residuos) la obligación de constituir una fianza, o garantía financiera equivalente, que asegure el cumplimiento de los requisitos establecidos en dicha licencia en relación con los residuos de construcción y demolición de la obra, cuyo importe se basará en el capítulo específico de gestión de residuos del presupuesto de la obra.
- Todos los trabajadores intervinientes en obra han de estar formados e informados sobre el procedimiento de gestión de residuos en obra que les afecta, especialmente de aquellos aspectos relacionados con los residuos peligrosos.

### ***5.6.2. Gestión de Residuos.***

---

- Según requiere la normativa, se prohíbe el depósito en vertedero de residuos de construcción y demolición que no hayan sido sometidos a alguna operación de tratamiento previo.
- El poseedor de los residuos estará obligado, mientras se encuentren en su poder, a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación.
- Se debe asegurar en la contratación de la gestión de los residuos, que el destino final o el intermedio son centros con la autorización autonómica del organismo competente en la materia. Se debe contratar sólo transportistas o gestores autorizados por dichos organismos e inscritos en los registros correspondientes.
- Para el caso de los residuos con amianto se cumplirán los preceptos dictados por el RD 396/2006 sobre la manipulación del amianto y sus derivados.
- El depósito temporal de los residuos se realizará en contenedores adecuados a la naturaleza y al riesgo de los residuos generados.
- Dentro del programa de seguimiento del Plan de Gestión de Residuos se realizarán reuniones periódicas a las que asistirán contratistas, subcontratistas, dirección facultativa y cualquier otro agente afectado. En las mismas se evaluará el cumplimiento de los objetivos previstos, el grado de aplicación del Plan y la documentación generada para la justificación del mismo.
- Se deberá asegurar en la contratación de la gestión de los RCDs, que el destino final (Planta de Reciclaje, Vertedero, Cantera, Incineradora, Centro de Reciclaje de Plásticos/Madera...) sean centros autorizados. Así mismo se deberá contratar sólo transportistas o gestores autorizados e inscritos en los registros correspondientes. Se realizará un estricto control documental, de modo que los transportistas y gestores de RCDs deberán aportar los vales de cada retirada y entrega en destino final.

### ***5.6.3. Derribo y Demolición.***

---

- En los procesos de derribo se priorizará la retirada tan pronto como sea posible de los elementos que generen residuos contaminantes y peligrosos. Si es posible, esta retirada será previa a cualquier otro trabajo.
- Los elementos constructivos a desmontar que tengan como destino último la reutilización se retirarán antes de proceder al derribo o desmontaje de otros elementos constructivos, todo ello para evitar su deterioro.

- En la planificación de los derribos se programarán de manera consecutiva todos los trabajos de desmontaje en los que se genere idéntica tipología de residuos con el fin de facilitar los trabajos de separación.

#### ***5.6.4. Separación.***

---

- El depósito temporal de los residuos valorizables que se realice en contenedores o en acopios, se debe señalizar y segregar del resto de residuos de un modo adecuado.
- Los contenedores o envases que almacenen residuos deberán señalizarse correctamente, indicando el tipo de residuo, la peligrosidad, y los datos del poseedor.
- El responsable de la obra al que presta servicio un contenedor de residuos adoptará las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos a la misma. Igualmente, deberá impedir la mezcla de residuos valorizables con aquellos que no lo son.
- Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar la mezcla de residuos peligrosos con residuos no peligrosos.
- El poseedor de los residuos establecerá los medios humanos, técnicos y procedimientos de separación que se dedicarán a cada tipo de residuo generado.
- La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por el poseedor de los residuos dentro de la obra. Cuando por falta de espacio físico no resulte técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, el poseedor podrá encomendar la separación de fracciones a un gestor de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra. En este último caso, el poseedor deberá obtener del gestor de la instalación documentación acreditativa de que éste ha cumplido, en su nombre, la obligación de separación.
- Los contenedores de los residuos deberán estar pintados en colores que destaquen y contar con una banda de material reflectante. En los mismos deberá figurar, en forma visible y legible, la siguiente información del titular del contenedor: razón social, CIF, teléfono y número de inscripción en el Registro de Transportistas de Residuos.
- Cuando se utilicen sacos industriales y otros elementos de contención o recipientes, se dotarán de sistemas (adhesivos, placas, etcétera) que detallen la siguiente información del titular del saco: razón social, CIF, teléfono y número de inscripción en el Registro de Transportistas o Gestores de Residuos.

#### ***5.6.5. Documentación.***

---

- La entrega de los residuos de construcción y demolición a un gestor por parte del poseedor habrá de constar en documento fehaciente, en el que figure, al menos, la identificación del

poseedor y del productor, la obra de procedencia y, en su caso, el número de licencia de la obra, la cantidad, expresada en toneladas o en metros cúbicos, o en ambas unidades cuando sea posible, el tipo de residuos entregados, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero y la identificación del gestor de las operaciones de destino.

- El poseedor de los residuos estará obligado a entregar al productor los certificados y demás documentación acreditativa de la gestión de los residuos a que se hace referencia en el Real Decreto 105/2008 que regula la producción y gestión de los residuos de construcción y de demolición.

- El poseedor de residuos dispondrá de documentos de aceptación de los residuos realizados por el gestor al que se le vaya a entregar el residuo.

- El gestor de residuos debe extender al poseedor un certificado acreditativo de la gestión de los residuos recibidos, especificándola identificación del poseedor y del productor, la obra de procedencia y, en su caso, el número de licencia de la obra, la cantidad, expresada en toneladas o en metros cúbicos, o en ambas unidades cuando sea posible, y el tipo de residuos entregados, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002.

- Cuando el gestor al que el poseedor entregue los residuos de construcción y demolición efectúe únicamente operaciones de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, en el documento de entrega deberá figurar también el gestor de valorización o de eliminación ulterior al que se destinan los residuos.

- Según exige la normativa, para el traslado de residuos peligrosos se deberá remitir notificación al órgano competente de la comunidad autónoma en materia medioambiental con al menos diez días de antelación a la fecha de traslado. Si el traslado de los residuos afecta a más de una provincia, dicha notificación se realizará al Ministerio de Medio Ambiente.

- Para el transporte de los residuos peligrosos se completará el Documento de Control y Seguimiento. Este documento se encuentra en el órgano competente en materia medioambiental de la comunidad autónoma.

- El poseedor de residuos facilitará al productor acreditación fehaciente y documental que deje constancia del destino final de los residuos reutilizados. Para ello se entregará certificado con documentación gráfica.

#### **5.6.6. Normativa.**

- Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba, el Reglamento para la ejecución de la Ley 120/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos.



- Real Decreto 952/1997, que modifica el Reglamento para la ejecución de la ley 20/1986 básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1998.
- LEY 10/1998, de 21 de abril, de Residuos.
- REAL DECRETO 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- REAL DECRETO 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

***Presupuesto.***

## ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

### 6.1. PRESUPUESTO PARCIAL ZANJAS LÍNEA SUBTERRÁNEA DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN. ---6

6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T. -  
---6

6.1.1.1. Caso 1 (CT1) → 4 B.T.+1 M.T. ---6

6.1.1.2. Caso 3 (CT1) → 1 B.T. ---7

6.1.1.3. Caso 4 (CT1) → 2 B.T.+1 M.T. ---8

6.1.1.4. Caso 1(CT2) → 2 B.T.+1 M.T. ---9

6.1.1.5. Caso 3 (CT2) → 1 B.T.+2 M.T. ---10

6.1.1.6. Caso 4 (CT2) → 1 B.T.+1 M.T. ---11

6.1.1.7. Caso 5 (CT2) → 2 B.T.+1 M.T. ---12

6.1.1.8. Caso 1 (CT3) → 1 B.T. ---13

6.1.1.9. Caso 2 (CT3) → 1 B.T.+2M.T. ---14

6.1.1.10. Caso 4 (CT3) → 3 B.T.+2 M.T. ---15

6.1.1.11. Caso 5 (CT3) → 1 B.T.+ 2M.T. ---16

6.1.1.12. Caso 6 (CT3) → 1 B.T. ---17

6.1.1.13. Caso 1 (CT4) → 1 B.T.+1 M.T. ---18

6.1.1.14. Caso 4-6-7 (CT4) → 1 B.T. ---19

6.1.1.15. Caso 9 (CT4) → 3 B.T. ---20

6.1.1.16. Caso 10 (CT4) → 3 B.T.+1 M.T. ---21

6.1.1.17. Caso 1 (CR) → 2 B.T. ---22

6.1.1.18. Caso 2(CR) → 2 B.T.+3 M.T. ---23

**6.1.1.19. Caso 3 (CR) → 2 B.T.+1 M.T. ---...24**

**6.1.1.20. Caso 4 (CR) → 1 M.T. ---...25**

**6.1.2. Zanja bajo ASFALTO (cruzamiento), según el proyecto tipo de L.S.B.T. ---...26**

**6.1.2.1. Caso 2 (CT1) → 2 B.T. ---...26**

**6.1.2.2. Caso 2 (CT2) → 2 B.T.+1 M.T. ---...27**

**6.1.2.3. Caso 3 (CT3) → 2 B.T.+2 M.T. ---...28**

**6.1.2.4. Caso 3 (CT3) → 2 B.T.+2 M.T. ---...29**

**6.1.2.5. Caso 2 (CT4) → 2 B.T.+1 M.T. ---...30**

**6.1.2.6. Caso 3 (CT4) → 1 M.T. ---...31**

**6.1.2.7. Caso 5 (CT4) → 2 M.T. ---...32**

**6.1.2.8. Caso 8 (CT4) → 2 B.T. ---...33**

**6.1.2.9. Caso X (CT1-3) → 2 M.T. ---...34**

**6.1.2.10. Caso X (CR-CT4) → 1M.T. ---...35**

**6.1.2.11. Caso X (CT3-CR) → 2 M.T. ---...36**

**6.1.3. PRESUPUESTO TOTAL DE LAS ZANJAS PARA BAJA Y MEDIA TENSIÓN. ---...37**

---

## **6.2. PRESUPUESTO PARCIAL DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN. ---...38**

---

**6.2.1. Cableado de la Línea Subterránea de Baja Tensión. ---...38**

**6.2.1.1. Cable xz1(s) 0,6/1 kV 3(1x240)+1x150 mm<sup>2</sup> Al. ---...38**

**6.2.1.2. Cable xz1(s) 0,6/1 kV 3(1x150)+1x95 mm<sup>2</sup> Al. ---...39**

**6.2.2. PRESUPUESTO UNITARIO DE LAS INSTALACIONES DE ENLACE. ---...40**

**6.2.2.1. Caja General de Protección (CGP). ---...40**

**6.2.2.2. Caja de Protección y Medida (CPM). ---...41**

**6.2.2.2.1. Caja de Protección y Medida (CPM) (1abonado). ---...41**

---

**6.2.2.2.2. Caja de Protección y Medida (CPM) (2abonados). --  
...42**

**6.2.2.3. Cuadro Modular con Envolvente para Baja Tensión. --  
...43**

**6.2.3. PRESUPUESTO TOTAL DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE  
BAJA TENSIÓN. --...44**

---

**6.3. PRESUPUESTO PARCIAL DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA  
TENSIÓN. --...45**

---

**6.3.1. Cableado de la Línea Subterránea de Media Tensión. --  
...45**

**3.6.1.1.Cable HEPRZ1 12/20 KV 3(1X150) mm2 Al. --...45**

**6.3.2. OTROS: LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN. --...46**

**6.3.2.1. Juego (3) Terminales Pasatapas 400 (A) atornillados. --  
...46**

**6.3.2.2. Medición de Radar para la comprobación de cables. --  
...47**

**6.3.3. PRESUPUESTO TOTAL DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE  
MEDIA TENSIÓN. --...48**

---

**6.4. PRESUPUESTO UNITARIO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN  
PREFABRICADO PFU-5/20. --...49**

---

**6.4.1. Obra civil del Edificio prefabricado compacto. --...49**

**6.4.2. Equipo de Media Tensión para Edificio prefabricado  
compacto. --...50**

**6.4.3. Equipo de Potencia para Edificio prefabricado compacto. --  
...53**

**6.4.4. Equipo de Baja Tensión para Edificio prefabricado  
compacto. --...54**

**6.4.5. Sistema de Puesta a Tierra para Edificio prefabricado  
compacto. --...55**

**6.4.6. Otros para Edificio prefabricado compacto. --...58**

---

---

**6.4.7. PRESUPUESTO TOTAL DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN  
PREFABRICADO PFU-5/20. ---59**

---

**6.5. PRESUPUESTO UNITARIO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN  
COMPACTO mini-BLOK-24. ---60**

---

**6.5.1. Obra civil para Edificio de Transformación compacto. --  
...60**

**6.5.2. Equipo de Media Tensión para Edificio de Transformación  
compacto. ---61**

**6.5.3. Equipo de Potencia para Edificio de Transformación  
compacto. ---63**

**6.5.4. Equipo de Baja Tensión para Edificio de Transformación  
compacto. ---64**

**6.5.5. Otros para Edificio de Transformación compacto. ---65**

**6.5.6. Total Equipo Transformación compacto mini-BLOK. ---65**

**6.5.7. Sistema de Puesta a Tierra para Edificio prefabricado  
compacto. ---66**

**6.5.8. PRESUPUESTO TOTAL DEL EDIFICIO PREFABRICADO  
COMPACTO mini-BLOK. ---69**

---

**6.6. PRESUPUESTO UNITARIO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y  
SALUD. ---70**

---

**6.6.1. Protecciones INDIVIDUALES del Estudio Básico de  
Seguridad y Salud. ---70**

**6.6.2. Protecciones COLECTIVAS del Estudio Básico de Seguridad  
y Salud. ---73**

**6.6.3. Instalaciones de Higiene y Bienestar del Estudio Básico de  
Seguridad y Salud. ---76**

**6.6.4. Medicina Preventiva de Primeros Auxilios del Estudio  
Básico de Seguridad y Salud. ---78**

**6.6.5. Formación de Seguridad e Higiene del Estudio Básico de  
Seguridad y Salud. ---79**

**6.6.6. PRESUPUESTO TOTAL DEL ESTUDIO BÁSICO DE  
SEGURIDAD Y SALUD. ---80**

---

---

**6.7. PRESUPUESTO UNITARIO DEL PLAN DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS. --...81**

---

**6.7.1. Plan de Gestión de los Residuos: Evacuación de Residuos. - --...81**

**6.7.1.1. Residuos de Naturaleza Pétreo. --...81**

**6.7.1.2. Residuos de Naturaleza NO Pétreo. --...82**

**7.2. PRESUPUESTO TOTAL DEL PLAN DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS. --...83**

---

**6.8. PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO DE LA ELECTRIFICACIÓN DE UN POLÍGONO RESIDENCIAL. --...84**

---

### 6.1. PRESUPUESTO PARCIAL ZANJAS LÍNEA SUBTERRÁNEA DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN.

#### 6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T.

6.1.1.1. Caso 1 (CT1) → 4 B.T.+1 M.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,5x0,90 m excavación por Medios Mecánicos				ml		92,758	48,50 €	4.498,76 €
Arena lavada para tendido de cables eléctricos	0,5	0,4	92,758	m3		18,5516	14,70 €	272,71 €
Placa señalización cables y protección mecánica, enlazable				ml	1	92,758	2,65 €	245,81 €
Tubo DPN 160, tendido en zanja para señalización y control				ml	1	92,758	6,30 €	584,38 €
Cinta atención al cable (x2)				ml	2	185,516	0,10 €	18,55 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,5	0,35	93,000	m3		16,275	9,83 €	159,98 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Prueba de compactación de terreno UD 26 6.20 161.2 Colocación baldosa 0,80 ancho				ml	1	92,758	10,88 €	1.009,21 €



**6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.1.2. Caso 3 (CT1) → 1 B.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,35x0,70 m excavación por Medios Mecánicos				ml		221,800	48,50 €	10.757,30 €
Arena lavada para tendido de cables eléctricos	0,35	0,2	221,800	m3		15,526	14,70 €	228,23 €
Placa señalización cables y protección mecánica, enlazable				ml	0	0,000	2,65 €	0,00 €
Tubo DPN 160, tendido en zanja para señalización y control				ml	1	221,800	6,30 €	1.397,34 €
Cinta atención al cable				ml	1	221,8	0,10 €	22,18 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	221,800	m3		27,1705	9,83 €	267,09 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Prueba de compactación de terreno UD 26 6.20 161.2 Colocación baldosa 0,80 ancho				ml	1	221,8	10,88 €	2.413,18 €

**6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.1.3. Caso 4 (CT1) → 2 B.T.+1 M.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,5x0,80 m excavación por Medios Mecánicos				ml		72,900	48,50 €	3.535,65 €
Arena lavada para tendido de cables eléctricos	0,5	0,3	72,900	m3		10,935	14,70 €	160,74 €
Placa señalización cables y protección mecánica, enlazable				ml	1	72,900	2,65 €	193,19 €
Tubo DPN 160, tendido en zanja para señalización y control				ml	1	72,900	6,30 €	459,27 €
Cinta atención al cable				ml	1	72,9	0,10 €	7,29 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	72,900	m3		8,93025	9,83 €	87,78 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Prueba de compactación de terreno UD 26 6.20 161.2 Colocación baldosa 0,80 ancho				ml	1	72,9	10,88 €	793,15 €

**6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

<b>6.1.1.4. Caso 1(CT2) → 2 B.T.+1 M.T.</b>								
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ANCHO</b>	<b>ALTO</b>	<b>LARGO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>CANTIDAD TOTAL</b>	<b>PRECIO UNIDAD</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
Zanja 0,6x0,90 m excavación por Medios Mecánicos				ml		92,758	48,50 €	4.498,76 €
Arena lavada para tendido de cables eléctricos	0,6	0,4	92,758	m3		22,26192	14,70 €	327,25 €
Placa señalización cables y protección mecánica, enlazable				ml	1	92,758	2,65 €	245,81 €
Tubo DPN 160, tendido en zanja para señalización y control				ml	1	92,758	6,30 €	584,38 €
Cinta atención al cable				ml	2	185,516	0,10 €	18,55 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,6	0,35	92,758	m3		19,47918	9,83 €	191,48 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Prueba de compactación de terreno UD 26 6.20 161.2 Colocación baldosa 0,80 ancho				ml	1	92,758	10,88 €	1.009,21 €

**6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.1.5. Caso 3 (CT2) → 1 B.T.+2 M.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,35x0,80 m excavación por Medios Mecánicos				ml		82,680	48,50 €	4.009,98 €
Arena lavada para tendido de cables eléctricos	0,35	0,3	82,680	m3		8,6814	14,70 €	127,62 €
Placa señalización cables y protección mecánica, enlazable				ml	1	82,680	2,65 €	219,10 €
Tubo DPN 160, tendido en zanja para señalización y control				ml	1	82,680	6,30 €	520,88 €
Cinta atención al cable				ml	1	82,68	0,10 €	8,27 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	82,680	m3		10,1283	9,83 €	99,56 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Prueba de compactación de terreno UD 26 6.20 161.2 Colocación baldosa 0,80 ancho				ml	1	82,68	10,88 €	899,56 €

**6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.1.6. Caso 4 (CT2) → 1 B.T.+1 M.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,35x0,70 m excavación por Medios Mecánicos				ml		153,310	48,50 €	7.435,54 €
Arena lavada para tendido de cables eléctricos	0,35	0,3	153,310	m3		16,09755	14,70 €	236,63 €
Placa señalización cables y protección mecánica, enlazable				ml	0	0,000	2,65 €	0,00 €
Tubo DPN 160, tendido en zanja para señalización y control				ml	1	153,310	6,30 €	965,85 €
Cinta atención al cable				ml	1	153,31	0,10 €	15,33 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	153,310	m3		18,780475	9,83 €	184,61 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Prueba de compactación de terreno UD 26 6.20 161.2 Colocación baldosa 0,80 ancho				ml	1	153,31	10,88 €	1.668,01 €

**6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.1.7. Caso 5 (CT2) → 2 B.T.+1 M.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,5x0,80 m excavación por Medios Mecánicos				ml		111,670	48,50 €	5.416,00 €
Arena lavada para tendido de cables eléctricos	0,5	0,3	111,670	m3		16,7505	14,70 €	246,23 €
Placa señalización cables y protección mecánica, enlazable				ml	1	111,670	2,65 €	295,93 €
Tubo DPN 160, tendido en zanja para señalización y control				ml	1	111,670	6,30 €	703,52 €
Cinta atención al cable				ml	1	111,67	0,10 €	11,17 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	111,670	m3		13,679575	9,83 €	134,47 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Prueba de compactación de terreno UD 26 6.20 161.2 Colocación baldosa 0,80 ancho				ml	1	111,67	10,88 €	1.214,97 €

**6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.1.8. Caso 1 (CT3) → 1 B.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,35x0,70 m excavación por Medios Mecánicos				ml		160,470	48,50 €	7.782,80 €
Arena lavada para tendido de cables eléctricos	0,35	0,3	160,470	m3		16,84935	14,70 €	247,69 €
Placa señalización cables y protección mecánica, enlazable				ml	0	0,000	2,65 €	0,00 €
Tubo DPN 160, tendido en zanja para señalización y control				ml	1	160,470	6,30 €	1.010,96 €
Cinta atención al cable				ml	1	160,47	0,10 €	16,05 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	160,470	m3		19,657575	9,83 €	193,23 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Prueba de compactación de terreno UD 26 6.20 161.2 Colocación baldosa 0,80 ancho				ml	1	160,47	10,88 €	1.745,91 €

**6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.1.9. Caso 2 (CT3) → 1 B.T.+2M.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,5x0,90 m excavación por Medios Mecánicos				ml		153,217	48,50 €	7.431,02 €
Arena lavada para tendido de cables eléctricos	0,5	0,4	153,217	m3		30,6434	14,70 €	450,46 €
Placa señalización cables y protección mecánica, enlazable				ml	1	153,217	2,65 €	406,03 €
Tubo DPN 160, tendido en zanja para señalización y control				ml	1	153,217	6,30 €	965,27 €
Cinta atención al cable				ml	2	306,434	0,10 €	30,64 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,5	0,35	153,217	m3		26,812975	9,83 €	263,57 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Prueba de compactación de terreno UD 26 6.20 161.2 Colocación baldosa 0,80 ancho				ml	1	153,217	10,88 €	1.667,00 €



**6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

<b>6.1.1.10. Caso 4 (CT3) → 3 B.T.+2 M.T.</b>								
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ANCHO</b>	<b>ALTO</b>	<b>LARGO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>CANTIDAD TOTAL</b>	<b>PRECIO UNIDAD</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
Zanja 0,5x0,90 m excavación por Medios Mecánicos				ml		13,880	48,50 €	673,18 €
Arena lavada para tendido de cables eléctricos	0,5	0,4	13,880	m3		2,776	14,70 €	40,81 €
Placa señalización cables y protección mecánica, enlazable				ml	1	13,880	2,65 €	36,78 €
Tubo DPN 160, tendido en zanja para señalización y control				ml	1	13,880	6,30 €	87,44 €
Cinta atención al cable				ml	2	27,76	0,10 €	2,78 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,5	0,35	13,880	m3		2,429	9,83 €	23,88 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Prueba de compactación de terreno UD 26 6.20 161.2 Colocación baldosa 0,80 ancho				ml	1	13,88	10,88 €	151,01 €

**6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.1.11. Caso 5 (CT3) → 1 B.T.+ 2M.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,5x0,90 m excavación por Medios Mecánicos				ml		7,060	48,50 €	342,41 €
Arena lavada para tendido de cables eléctricos	0,5	0,4	7,060	m3		1,412	14,70 €	20,76 €
Placa señalización cables y protección mecánica, enlazable				ml	1	7,060	2,65 €	18,71 €
Tubo DPN 160, tendido en zanja para señalización y control				ml	1	7,060	6,30 €	44,48 €
Cinta atención al cable				ml	2	14,12	0,10 €	1,41 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,5	0,35	7,060	m3		1,2355	9,83 €	12,14 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Prueba de compactación de terreno UD 26 6.20 161.2 Colocación baldosa 0,80 ancho				ml	1	7,06	10,88 €	76,81 €

**6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

<b>6.1.1.12. Caso 6 (CT3) → 1 B.T.</b>								
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ANCHO</b>	<b>ALTO</b>	<b>LARGO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>CANTIDAD TOTAL</b>	<b>PRECIO UNIDAD</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
Zanja 0,35x0,70 m excavación por Medios Mecánicos				ml		290,501	48,50 €	14.089,30 €
Arena lavada para tendido de cables eléctricos	0,35	0,3	290,501	m3		30,502605	14,70 €	448,39 €
Placa señalización cables y protección mecánica, enlazable				ml	0	0,000	2,65 €	0,00 €
Tubo DPN 160, tendido en zanja para señalización y control				ml	1	290,501	6,30 €	1.830,16 €
Cinta atención al cable				ml	1	290,501	0,10 €	29,05 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	290,501	m3		35,5863725	9,83 €	349,81 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Prueba de compactación de terreno UD 26 6.20 161.2 Colocación baldosa 0,80 ancho				ml	1	290,501	10,88 €	3.160,65 €

**6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

<b>6.1.1.13. Caso 1 (CT4) → 1 B.T.+1 M.T.</b>								
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ANCHO</b>	<b>ALTO</b>	<b>LARGO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>CANTIDAD TOTAL</b>	<b>PRECIO UNIDAD</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
Zanja 0,35x0,80 m excavación por Medios Mecánicos				ml		140,660	48,50 €	6.822,01 €
Arena lavada para tendido de cables eléctricos	0,35	0,3	140,660	m3		14,7693	14,70 €	217,11 €
Placa señalización cables y protección mecánica, enlazable				ml	1	140,660	2,65 €	372,75 €
Tubo DPN 160, tendido en zanja para señalización y control				ml	1	140,660	6,30 €	886,16 €
Cinta atención al cable				ml	1	140,66	0,10 €	14,07 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	140,660	m3		17,23085	9,83 €	169,38 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Prueba de compactación de terreno UD 26 6.20 161.2 Colocación baldosa 0,80 ancho				ml	1	140,66	10,88 €	1.530,38 €

**6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.1.14. Caso 4-6-7 (CT4) → 1 B.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,35x0,80 m excavación por Medios Mecánicos				m		140,660	48,50 €	6.822,01 €
Arena lavada para tendido de cables eléctricos	0,35	0,3	140,660	m3		14,7693	14,70 €	217,11 €
Placa señalización cables y protección mecánica, enlazable				ml	1	140,660	2,65 €	372,75 €
Tubo DPN 160, tendido en zanja para señalización y control				m	1	140,660	6,30 €	886,16 €
Cinta atención al cable				ml	1	140,66	0,10 €	14,07 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	140,660	m3		17,23085	9,83 €	169,38 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Prueba de compactación de terreno UD 26 6.20 161.2 Colocación baldosa 0,80 ancho				ml	1	140,66	10,88 €	1.530,38 €

**6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

<b>6.1.1.15. Caso 9 (CT4) → 3 B.T.</b>								
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ANCHO</b>	<b>ALTO</b>	<b>LARGO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>CANTIDAD TOTAL</b>	<b>PRECIO UNIDAD</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
Zanja 0,5x0,70 m excavación por Medios Mecánicos				ml		23,000	48,50 €	1.115,50 €
Arena lavada para tendido de cables eléctricos	0,5	0,2	23,000	m3		2,3	14,70 €	33,81 €
Placa señalización cables y protección mecánica, enlazable				ml	1	23,000	2,65 €	60,95 €
Tubo DPN 160, tendido en zanja para señalización y control				ml	1	23,000	6,30 €	144,90 €
Cinta atención al cable				ml	1	23	0,10 €	2,30 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	23,000	m3		2,8175	9,83 €	27,70 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Prueba de compactación de terreno UD 26 6.20 161.2 Colocación baldosa 0,80 ancho				ml	1	23	10,88 €	250,24 €

**6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.1.16. Caso 10 (CT4) → 3 B.T.+1 M.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,5x0,70 m excavación por Medios Mecánicos				ml		23,000	48,50 €	1.115,50 €
Arena lavada para tendido de cables eléctricos	0,5	0,2	23,000	m3		2,3	14,70 €	33,81 €
Placa señalización cables y protección mecánica, enlazable				ml	1	23,000	2,65 €	60,95 €
Tubo DPN 160, tendido en zanja para señalización y control				ml	1	23,000	6,30 €	144,90 €
Cinta atención al cable				ml	1	23	0,10 €	2,30 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	23,000	m3		2,8175	9,83 €	27,70 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Prueba de compactación de terreno UD 26 6.20 161.2 Colocación baldosa 0,80 ancho				ml	1	23	10,88 €	250,24 €

**6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.1.17. Caso 1 (CR) → 2 B.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,35x0,70 m excavación por Medios Mecánicos				ml		425,800	48,50 €	20.651,30 €
Arena lavada para tendido de cables eléctricos	0,35	0,3	425,800	m3		44,709	14,70 €	657,22 €
Placa señalización cables y protección mecánica, enlazable				ml	0	0,000	2,65 €	0,00 €
Tubo DPN 160, tendido en zanja para señalización y control				ml	1	425,800	6,30 €	2.682,54 €
Cinta atención al cable				ml	1	425,8	0,10 €	42,58 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	425,800	m3		52,1605	9,83 €	512,74 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Prueba de compactación de terreno UD 26 6.20 161.2 Colocación baldosa 0,80 ancho				ml	1	425,8	10,88 €	4.632,70 €



**6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.1.18. Caso 2(CR) → 2 B.T.+3 M.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,5x0,90 m excavación por Medios Mecánicos				ml		74,750	48,50 €	3.625,38 €
Arena lavada para tendido de cables eléctricos	0,5	0,4	74,750	m3		14,95	14,70 €	219,77 €
Placa señalización cables y protección mecánica, enlazable				ml	1	74,750	2,65 €	198,09 €
Tubo DPN 160, tendido en zanja para señalización y control				ml	1	74,750	6,30 €	470,93 €
Cinta atención al cable				ml	2	149,5	0,10 €	14,95 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,5	0,35	74,750	m3		13,08125	9,83 €	128,59 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Prueba de compactación de terreno UD 26 6.20 161.2 Colocación baldosa 0,80 ancho				ml	1	74,75	10,88 €	813,28 €

**6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.1.19. Caso 3 (CR) → 2 B.T.+1 M.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,5x0,80 m excavación por Medios Mecánicos				ml		77,395	48,50 €	3.753,66 €
Arena lavada para tendido de cables eléctricos	0,5	0,3	77,395	m3		11,60925	14,70 €	170,66 €
Placa señalización cables y protección mecánica, enlazable				m	1	77,395	2,65 €	205,10 €
Tubo DPN 160, tendido en zanja para señalización y control				ml	1	77,395	6,30 €	487,59 €
Cinta atención al cable				ml	1	77,395	0,10 €	7,74 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	77,395	m3		9,4808875	9,83 €	93,20 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Prueba de compactación de terreno UD 26 6.20 161.2 Colocación baldosa 0,80 ancho				ml	1	77,395	10,88 €	842,06 €

**6.1.1. Zanja bajo ACERA, según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.1.20. Caso 4 (CR) → 1 M.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,35x0,80 m excavación por Medios Mecánicos				ml		165,600	48,50 €	8.031,60 €
Arena lavada para tendido de cables eléctricos	0,35	0,3	165,600	m3		17,388	14,70 €	255,60 €
Placa señalización cables y protección mecánica, enlazable				m	0	0,000	2,65 €	0,00 €
Tubo DPN 160, tendido en zanja para señalización y control				ml	1	165,600	6,30 €	1.043,28 €
Cinta atención al cable				ml	1	165,6	0,10 €	16,56 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	165,600	m3		20,286	9,83 €	199,41 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Prueba de compactación de terreno UD 26 6.20 161.2 Colocación baldosa 0,80 ancho				ml	1	165,6	10,88 €	1.801,73 €

**6.1.2. Zanja bajo ASFALTO (cruzamiento), según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.2.1. Caso 2 (CT1) → 2 B.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,35X0,80 m excavación por Medios Mecánicos				ml		32,23	46,00 €	1.482,58 €
Tubos DPN 160, tendido en zanja				ml	2	64,46	6,30 €	406,10 €
Hormigón H=125	0,35	0,3	32,23	m3		3,38415	57,14 €	193,37 €
Cinta atención al cable				ml	1	32,23	0,10 €	3,22 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	32,23	m3		3,948175	10,30 €	40,67 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Aglomerado asfáltico	0,35	0,05	32,23	m3		0,564025	22,70 €	12,80 €
Zanja 0,35X0,80 m excavación por Medios Mecánicos				ml		32,23	46,00 €	1.482,58 €

**6.1.2. Zanja bajo ASFALTO (cruzamiento), según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.2.2. Caso 2 (CT2) → 2 B.T.+1 M.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,35X0,80 m excavación por Medios Mecánicos				ml		32,23	46,00 €	1.482,58 €
Tubos DPN 160, tendido en zanja				ml	2	64,46	6,30 €	406,10 €
Hormigón H=125	0,35	0,3	32,23	m3		3,38415	57,14 €	193,37 €
Cinta atención al cable				ml	1	32,23	0,10 €	3,22 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	32,23	m3		3,948175	10,30 €	40,67 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Aglomerado asfáltico	0,35	0,05	32,23	m3		0,564025	22,70 €	12,80 €
Zanja 0,35X0,80 m excavación por Medios Mecánicos				ml		32,23	46,00 €	1.482,58 €

**6.1.2. Zanja bajo ASFALTO (cruzamiento), según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.2.3. Caso 3 (CT3) → 2 B.T.+2 M.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,35X1,00 m excavación por Medios Mecánicos				ml		10,689	46,00 €	491,69 €
Tubos DPN 160, tendido en zanja				ml	4	42,756	6,30 €	269,36 €
Hormigón H=125	0,35	0,5	10,689	m3		1,870575	57,14 €	106,88 €
Cinta atención al cable				ml	1	10,689	0,10 €	1,07 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	10,689	m3		1,3094025	10,30 €	13,49 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Aglomerado asfáltico	0,35	0,05	10,689	m3		0,1870575	22,70 €	4,25 €
Zanja 0,35X1,00 m excavación por Medios Mecánicos				ml		10,689	46,00 €	491,69 €

**6.1.2. Zanja bajo ASFALTO (cruzamiento), según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.2.4. Caso 3 (CT3) → 2 B.T.+2 M.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,35X1,00 m excavación por Medios Mecánicos				ml		10,689	46,00 €	491,69 €
Tubos DPN 160, tendido en zanja				ml	4	42,756	6,30 €	269,36 €
Hormigón H=125	0,35	0,5	10,689	m3		1,870575	57,14 €	106,88 €
Cinta atención al cable				ml	1	10,689	0,10 €	1,07 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	10,689	m3		1,3094025	10,30 €	13,49 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Aglomerado asfáltico	0,35	0,05	10,689	m3		0,1870575	22,70 €	4,25 €
Zanja 0,35X1,00 m excavación por Medios Mecánicos				ml		10,689	46,00 €	491,69 €

**6.1.2. Zanja bajo ASFALTO (cruzamiento), según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.2.5. Caso 2 (CT4) → 2 B.T.+1 M.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,35X0,90 m excavación por Medios Mecánicos				ml		4,736	46,00 €	217,86 €
Tubos DPN 160, tendido en zanja				ml	3	14,208	6,30 €	89,51 €
Hormigón H=125	0,35	0,5	4,736	m3		0,8288	57,14 €	47,36 €
Cinta atención al cable				ml	1	4,736	0,10 €	0,47 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	4,736	m3		0,58016	10,30 €	5,98 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Aglomerado asfáltico	0,35	0,05	4,736	m3		0,08288	22,70 €	1,88 €
Zanja 0,35X0,90 m excavación por Medios Mecánicos				ml		4,736	46,00 €	217,86 €



**6.1.2. Zanja bajo ASFALTO (cruzamiento), según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.2.6. Caso 3 (CT4) → 1 M.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,35X0,80 m excavación por Medios Mecánicos				ml		4,736	46,00 €	217,86 €
Tubos DPN 160, tendido en zanja				ml	2	9,472	6,30 €	59,67 €
Hormigón H=125	0,35	0,3	4,736	m3		0,49728	57,14 €	28,41 €
Cinta atención al cable				ml	1	4,736	0,10 €	0,47 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	4,736	m3		0,58016	10,30 €	5,98 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Aglomerado asfáltico	0,35	0,05	4,736	m3		0,08288	22,70 €	1,88 €
Zanja 0,35X0,80 m excavación por Medios Mecánicos				ml		4,736	46,00 €	217,86 €

**6.1.2. Zanja bajo ASFALTO (cruzamiento), según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.2.7. Caso 5 (CT4) → 2 M.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,35X0,80 m excavación por Medios Mecánicos				ml		4,736	46,00 €	217,86 €
Tubos DPN 160, tendido en zanja				m	2	9,472	6,30 €	59,67 €
Hormigón H=125	0,35	0,3	4,736	m3		0,49728	57,14 €	28,41 €
Cinta atención al cable				ml	1	4,736	0,10 €	0,47 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	4,736	m3		0,58016	10,30 €	5,98 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Aglomerado asfáltico	0,35	0,05	4,736	m3		0,08288	22,70 €	1,88 €
Zanja 0,35X0,80 m excavación por Medios Mecánicos				m		4,736	46,00 €	217,86 €

**6.1.2. Zanja bajo ASFALTO (cruzamiento), según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.2.8. Caso 8 (CT4) → 2 B.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,35X0,80 m excavación por Medios Mecánicos				ml		4,2411	46,00 €	195,09 €
Tubos DPN 160, tendido en zanja				ml	2	8,4822	6,30 €	53,44 €
Hormigón H=125	0,35	0,3	4,2411	m3		0,4453155	57,14 €	25,45 €
Cinta atención al cable				ml	1	4,2411	0,10 €	0,42 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	4,2411	m3		0,51953475	10,30 €	5,35 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Aglomerado asfáltico	0,35	0,05	4,2411	m3		0,07421925	22,70 €	1,68 €
Zanja 0,35X0,80 m excavación por Medios Mecánicos				ml		4,2411	46,00 €	195,09 €

**6.1.2. Zanja bajo ASFALTO (cruzamiento), según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.2.9. Caso X (CT1-3) → 2 M.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,35X0,80 m excavación por Medios Mecánicos				ml		13,58	46,00 €	624,68 €
Tubos DPN 160, tendido en zanja				ml	2	27,16	6,30 €	171,11 €
Hormigón H=125	0,35	0,3	13,58	m3		1,4259	57,14 €	81,48 €
Cinta atención al cable				ml	1	13,58	0,10 €	1,36 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	13,58	m3		1,66355	10,30 €	17,13 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Aglomerado asfáltico	0,35	0,05	13,58	m3		0,23765	22,70 €	5,39 €
Zanja 0,35X0,80 m excavación por Medios Mecánicos				ml		13,58	46,00 €	624,68 €

**6.1.2. Zanja bajo ASFALTO (cruzamiento), según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.2.10. Caso X (CR-CT4) → 1M.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,35X0,80 m excavación por Medios Mecánicos				ml		9,67	46,00 €	444,82 €
Tubos DPN 160, tendido en zanja				ml	2	19,34	6,30 €	121,84 €
Hormigón H=125	0,35	0,3	9,67	m3		1,01535	57,14 €	58,02 €
Cinta atención al cable				ml	1	9,67	0,10 €	0,97 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	9,67	m3		1,184575	10,30 €	12,20 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Aglomerado asfáltico	0,35	0,05	9,67	m3		0,169225	22,70 €	3,84 €
Zanja 0,35X0,80 m excavación por Medios Mecánicos				ml		9,67	46,00 €	444,82 €

**6.1.2. Zanja bajo ASFALTO (cruzamiento), según el proyecto tipo de L.S.B.T.**

6.1.2.11. Caso X (CT3-CR) → 2 M.T.								
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	LARGO	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Zanja 0,35X0,80 m excavación por Medios Mecánicos				ml		6,63	46,00 €	304,98 €
Tubos DPN 160, tendido en zanja				m	2	13,26	6,30 €	83,54 €
Hormigón H=125	0,35	0,3	6,63	m3		0,69615	57,14 €	39,78 €
Cinta atención al cable				ml	1	6,63	0,10 €	0,66 €
Relleno zahorra, compactación por medios mecánicos	0,35	0,35	6,63	m3		0,812175	10,30 €	8,37 €
Prueba de compactación de terreno				ud	1	1	6,20 €	6,20 €
Aglomerado asfáltico	0,35	0,05	6,63	m3		0,116025	22,70 €	2,63 €
Zanja 0,35X0,80 m excavación por Medios Mecánicos				ml		6,63	46,00 €	304,98 €

### 6.1.3. PRESUPUESTO TOTAL DE LAS ZANJAS PARA BAJA Y MEDIA TENSIÓN.

PRESUPUESTO TOTAL	
Descripción	Total
Total importe zanja en acera	174.725,45 €
Total importe zanja en asfalto ( cruces )	8.257,48 €
Neto del presupuesto completo	182.982,94 €
0% de imprevistos	0,00 €
TOTAL PRESUPUESTO UNITARIO	182.982,94 €
<p>El total del presupuesto de las zanjas de Baja y Media Tensión asciende a la cantidad de  <b>CIENTO OCHENTA Y DOS MIL NOVECIENTOS OCHENTA Y DOS EUROS Y NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS</b></p>	

## 6.2. PRESUPUESTO PARCIAL DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN.

### 6.2.1. Cableado de la Línea Subterránea de Baja Tensión.

6.2.1.1. Cable xz1(s) 0,6/1 kv 3(1x240)+1x150 mm2 Al					
DESCRIPCIÓN	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Cable 0,6/1 KV 1x240 mm2 Al, tendido en Zanja	m	1520,473	6000	2,39 €	14.340,00 €
Cable 0,6/1 KV 1x150 mm2 Al, tendido en Zanja	m	1520,473	2000	2,02 €	4.040,00 €
Encintado identificación cables col negro, marrón, amarillo, gris	m	14	14	0,10 €	1,40 €
Encintado mazo cables color negro	m	7	7	0,10 €	0,70 €
Empalmes de conexión	ud	7	7	3,68 €	25,76 €



### 6.2.1. Cableado de la Línea Subterránea de Baja Tensión.

6.2.1.2. Cable xz1(s) 0,6/1 kV 3(1x150)+1x95 mm2 Al					
DESCRIPCIÓN	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Cable 0,6/1 KV 1x150 mm2 Al, tendido en Zanja	m	1508,73	6000	2,39 €	14.340,00 €
Cable 0,6/1 KV 1x95 mm2 Al, tendido en Zanja	m	1508,73	2000	2,02 €	4.040,00 €
Encintado identificación cables negro, marrón, amarillo, gris	m	14	14	0,10 €	1,40 €
Encintado mazo cables color negro	m	7	7	0,10 €	0,70 €
Empalmes de conexión	ud	7	7	3,68 €	25,76 €

### 6.2.2. PRESUPUESTO UNITARIO DE LAS INSTALACIONES DE ENLACE.

#### 6.2.2.1. Caja General de Protección (CGP)

Caja General de Protección (CGP)					
DESCRIPCIÓN	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Basamento hormigón prefabricado	ud	107	107	6,88 €	736,16 €
Caja General de Protección CGP-10	ud	107	107	368,00 €	39.376,00 €
Fusible gG-315 A	ud	321	321	1,43 €	459,03 €
Barra neutro NH-1	ud	107	107	0,57 €	60,99 €
Cerramiento obra civil módulo ADS	ud	107	107	14,35 €	1.535,45 €
Tubo PVC 120	ud	642	642	1,06 €	680,52 €
Cable Cu 0,6/1KV 50 mm2	ud	535	535	0,40 €	214,00 €
Pica T.T. 2 m c/ grapa	ud	107	107	1,43 €	153,01 €
Marcado ADS y líneas según Norma Iberdrola	ud	107	107	86,05 €	9.207,35 €

### 6.2.2.2. Caja de Protección y Medida (CPM)

6.2.2.2.1. Caja de Protección y Medida (CPM) (1abonado)					
DESCRIPCIÓN	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Basamento hormigón prefabricado	ud	10	10	6,88 €	68,80 €
Caja GPM CPM1-D2-M	ud	10	10	110,20 €	1.102,00 €
Fusible gG-315 A	ud	30	30	1,43 €	42,90 €
Barra neutro NH-1	ud	10	10	0,57 €	5,70 €
Cerramiento obra civil módulo ADS	ud	107	107	14,35 €	1.535,45 €
Tubo PVC 120	ud	60	60	1,06 €	63,60 €
Cable Cu 0,6/1KV 50 mm2	ud	50	50	0,40 €	20,00 €
Pica T.T. 2 m c/ grapa	ud	10	10	1,43 €	14,30 €
Marcado ADS y líneas según Norma Iberdrola	ud	10	10	86,05 €	860,50 €

6.2.2.2.2. Caja de Protección y Medida (CPM) (2abonados)					
DESCRIPCIÓN	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Basamento hormigón prefabricado	ud	83	83	6,88 €	571,04 €
Caja GPM CPM3-D2/2-M	ud	83	83	266,16 €	22.091,28 €
Fusible gG-315 A	ud	249	249	1,43 €	356,07 €
Barra neutro NH-1	ud	83	83	0,57 €	47,31 €
Cerramiento obra civil módulo ADS	ud	107	107	14,35 €	1.535,45 €
Tubo PVC 120	ud	498	498	1,06 €	527,88 €
Cable Cu 0,6/1KV 50 mm2	ud	415	415	0,40 €	166,00 €
Pica T.T. 2 m c/ grapa	ud	83	83	1,43 €	118,69 €
Marcado ADS y líneas según Norma Iberdrola	ud	83	83	86,05 €	7.142,15 €

**6.2.2.3. Cuadro Modular con Envolvente para Baja Tensión.**

Cuadro Modular con Envolvente para Baja Tensión.					
DESCRIPCIÓN	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Cuadro modular con envolvente	ud	18	18	1.197,00 €	21.546,00€

### 6.2.3. PRESUPUESTO TOTAL DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN.

PRESUPUESTO TOTAL	
Descripción	Total
Total importe línea cable 240 mm2	18.407,86 €
Total importe línea cable 150 mm2	18.407,86 €
Total importe CGP	52.422,51 €
Total importe Cuadros modulares	21.546,00 €
Total importe CPM (1 abonado)	3.713,25 €
Total importe CPM (2 abonados)	32.555,87 €
Neto del presupuesto completo	147.053,35 €
0% de imprevistos	0,00 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO UNITARIO</b>	<b>147.053,35 €</b>
<p>El total del presupuesto de la Red Subterránea de Baja Tensión asciende a la cantidad de <b>CIENTO CUARENTA Y SIETE MIL CINCUENTA Y TRES EUROS Y TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS</b></p>	

### 6.3. PRESUPUESTO PARCIAL DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN.

#### 6.3.1. Cableado de la Línea Subterránea de Media Tensión.

3.6.1.1.Cable HEPRZ1 12/20 KV 3(1X150) mm2 Al					
DESCRIPCIÓN	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Cable aislamiento seco 12/20 KV HEPRZ1 1x150 mm2, tendido en zanja	m	1900	5700	8,60 €	49.020,00 €
Encintado identificación cables colores negro, marrón, amarillo, gris (cada 1.5m)	m	12	12	0,50 €	6,00 €
Encintado mazo cables color negro (cada 1.5m)	m	6	6	0,50 €	3,00 €

### 6.3.2. OTROS: LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN.

#### 6.3.2.1. Juego (3) Terminales Pasatapas 400 (A) atornillados.

6.3.2.1. Juego (3) Terminales Pasatapas 400 (A) atornillados.					
DESCRIPCIÓN	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Terminal en "T" marca Prysmian referencia PMA-2-400/24 roscado y apantallado	ud	45	45	260,90 €	11.740,50 €
Medios auxiliares, material de trabajo y preparación cables	ud	15	15	100,00 €	1.500,00 €
Conexión a tomas de tierra de herrajes en C.T.	ud	15	15	50,00 €	750,00 €
Conexión a cabinas y marcado de fases colores marrón, amarillo, verde	ud	15	15	50,00 €	750,00 €



**6.3.2.2. Medición de Radar para la comprobación de cables.**

6.3.2.2. Medición de Radar para la comprobación de cables.					
DESCRIPCIÓN	UNIDADES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Comprobación de radar	ud	1	1	2.500,00 €	2.500,00 €
Preparación de puntas de cable para Medición	ud	1	1	200,00 €	200,00 €
Señalización de zona durante los trabajos	ud	1	1	200,00 €	200,00 €

### 6.3.3. PRESUPUESTO TOTAL DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN.

PRESUPUESTO TOTAL	
Descripción	Total
Total importe línea cable 150 mm2	49.029,00 €
Total importe juego pasatapas	14.740,50 €
Total importe medición radar	2.900,00 €
Neto del presupuesto completo	66.669,50 €
0% de imprevistos	0,00 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO UNITARIO</b>	<b>66.669,50 €</b>
<p>El total del presupuesto de la Red Subterránea de Media Tensión asciende a la cantidad de  <b>SESENTA Y SEIS MIL SEISCIENTOS SESENTA Y NUEVE EUROS Y CIENCUENTA CÉNTIMOS</b></p>	

#### 6.4. PRESUPUESTO UNITARIO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO PFU-5/20.

##### 6.4.1. Obra civil del Edificio prefabricado compacto.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO PFU-5/20.			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
<b>Edificio de Transformación: PFU 5/20</b>  Edificio prefabricado constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, tipo PFU-5/20, de dimensiones generales aproximadas 6080 mm de largo por 2380 mm de fondo por 3045 mm de alto. Incluye el edificio y todos sus elementos exteriores según CEI 622171-202, transporte, montaje y accesorios.	1	11.825,00 €	11.825,00 €

**6.4.2. Equipo de Media Tensión para Edificio prefabricado compacto.**

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO PFU-5/20.			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
<p><b>Entrada / Salida : CGMCOSMOS-L</b></p> <p>Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL, con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Un = 24 kV</li> <li>- In = 400 A</li> <li>- Icc = 16 kA / 40 kA</li> <li>- Dimensiones: 365 mm / 735 mm / 1740 mm</li> <li>- Mando: manual tipo B</li> </ul> <p>Se incluyen el montaje y conexión.</p>	5	2.675,00 €	13.375,00 €

<p><b>Seccionamiento Compañía: CGMCOSMOS-S</b></p> <p>Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Un = 24 kV</li> <li>· In = 400 A</li> <li>· Icc = 16 kA / 40 kA</li> <li>· Dimensiones: 450 mm / 735 mm / 1740 mm</li> <li>· Mando: manual tipo B</li> </ul> <p>Se incluyen el montaje y conexión.</p>	1	2.675,00 €	2.675,00 €
<p><b>Protección Transformador : CGMCOSMOS-P</b></p> <p>Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Un = 24 kV</li> <li>- In = 400 A</li> <li>- Icc = 16 kA / 40 kA</li> <li>- Dimensiones: 470 mm / 735 mm / 1740 mm</li> <li>- Mando (fusibles): manual tipo BR</li> </ul> <p>Se incluyen el montaje y conexión.</p>	1	3.500,00 €	3.500,00 €

<p><b>Puentes MT Transformador : Cables MT 12/20 kV</b></p> <p>Cables MT 12/20 kV del tipo DHZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x50 Al empleando 3 de 10 m de longitud, y terminaciones ELASTIMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR.</p>	1	1.175,00 €	1.175,00 €
--	---	------------	------------

**6.4.3. Equipo de Potencia para Edificio prefabricado compacto.**

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO PFU-5/20.			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
<b>Transformador :</b> <b>Transformador aceite 24 kV</b>  Transformador trifásico reductor de tensión, según las normas citadas en la Memoria con neutro accesible en el secundario, de potencia 400 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2), grupo de conexión Dyn11, de tensión de cortocircuito de 4% y regulación primaria de + 2,5%, + 5%, + 7,5%, + 10 %.	1	9.450,00 €	9.450,00 €

**6.4.4. Equipo de Baja Tensión para Edificio prefabricado compacto.**

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO PFU-5/20.			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
<b>Tierras Interiores Protección</b> <b>Transformación:</b> <b>Instalación interior tierras</b> Instalación de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, con el conductor de cobre desnudo, grapado a la pared, y conectado a los equipos de MT y demás aparamenta de este edificio, así como una caja general de tierra de protección según las normas de la compañía suministradora.	1	925,00 €	925,00 €
<b>Tierras Interiores Servicio</b> <b>Transformación:</b> <b>Instalación interior tierras</b> Instalación de puesta a tierra de servicio en el edificio de transformación, con el conductor de cobre aislado, grapado a la pared, y conectado al neutro de BT, así como una caja general de tierra de servicio según las normas de la compañía suministradora.	1	925,00 €	925,00 €



**6.4.5. Sistema de Puesta a Tierra para Edificio prefabricado compacto.**

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO PFU-5/20.			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
<p><b>Tierras Exteriores Protección Transformación: Anillo rectangular</b></p> <p>Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, debidamente montada y conexionada, empleando conductor de cobre desnudo. El conductor de cobre está unido a picas de acero cobreado de 14 mm de diámetro.</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Geometría: Anillo rectangular</li> <li>* Profundidad: 0,5 m</li> <li>* Número de picas: cuatro</li> <li>* Longitud de picas: 2 metros</li> <li>* Dimensiones del rectángulo: 7.0x2.5 m</li> </ul>	1	1.285,00 €	1.285,00 €

<p><b>Tierras Exteriores Servicio Transformación: Picas alineadas</b></p> <p>Tierra de servicio o neutro del transformador. Instalación exterior realizada con cobre aislado con el mismo tipo de materiales que las tierras de protección.</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Geometría: Picas alineadas</li> <li>- Profundidad: 0,8 m</li> <li>- Número de picas: dos</li> <li>- Longitud de picas: 2 metros</li> <li>- Distancia entre picas: 3 metros</li> </ul>	1	630,00 €	630,00 €
<p><b>Tierras Interiores Protección Transformación: Instalación interior tierras</b></p> <p>Instalación de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, con el conductor de cobre desnudo, grapado a la pared, y conectado a los equipos de MT y demás aparamenta de este edificio, así como una caja general de tierra de protección según las normas de la compañía suministradora.</p>	1	925,00 €	925,00 €

<b>Tierras Interiores Servicio Transformación: Instalación interior tierras</b>  Instalación de puesta a tierra de servicio en el edificio de transformación, con el conductor de cobre aislado, grapado a la pared, y conectado al neutro de BT, así como una caja general de tierra de servicio según las normas de la compañía suministradora.	1	925,00 €	925,00 €
---	---	----------	----------

**6.4.6. Otros para Edificio prefabricado compacto.**

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO PFU-5/20.			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
<b>Iluminación Edificio de Transformación: Equipo de iluminación</b>  Equipo de iluminación compuesto de: - Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los equipos de MT. - Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.	1	600,00 €	600,00 €
<b>Maniobra de Transformación: Equipo de seguridad y maniobra</b>  Equipo de operación que permite tanto la realización de maniobras con aislamiento suficiente para proteger al personal durante la operación, tanto de maniobras como de mantenimiento, compuesto por: - Banquillo aislante - Par de guantes de amianto - Extintor de eficacia 89B - Una palanca de accionamiento - Armario de primeros auxilios	1	700,00 €	700,00 €

**6.4.7. PRESUPUESTO TOTAL DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO PFU-5/20.**

PRESUPUESTO TOTAL	
Descripción	Total
Total importe obra civil	11.825,00 €
Total importe apartamentada de MT	20.725,00 €
Total importe equipos de potencia	9.450,00 €
Total importe equipos de BT	4.025,00 €
Total importe sistema de tierras	3.765,00 €
Total importe de otros	1.300,00 €
Neto del presupuesto completo	39.265,00 €
0% de imprevistos	0,00 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO UNITARIO</b>	<b>39.265,00 €</b>
<p>El total del presupuesto del Centro de Transformación prefabricado PFU 5/20 asciende a la cantidad de</p> <p><b>TREINTA Y NUEVE MIL DOSCIENTOS SESENTA Y CINCO EUROS</b></p>	

## 6.5. PRESUPUESTO UNITARIO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN COMPACTO mini-BLOK-24.

### 6.5.1. Obra civil para Edificio de Transformación compacto.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN COMPACTO mini-BLOK-24.			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
<b>Edificio de Transformación: miniBLOK – 24</b>  Edificio prefabricado constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, tipo miniBLOK - 24, de dimensiones generales aproximadas 2100 mm de largo por 2100 mm de fondo por 2240 mm de alto. Incluye el edificio, todos sus elementos exteriores según RU-1303A, transporte, montaje, accesorios y aparamenta interior que está formada sobre un bastidor.	1		

**6.5.2. Equipo de Media Tensión para Edificio de Transformación compacto.**

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN COMPACTO mini-BLOK-24.			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
<p><b>Entrada / Salida y Protección del transformador : CGMCOSMOS-2LP</b></p> <p>Equipo compacto de corte y aislamiento íntegro en gas, extensible y preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Un = 24 kV</li> <li>- In = 400 A</li> <li>- Icc = 16 kA / 40 kA</li> <li>- Dimensiones: 1190 mm / 735 mm / 1300 mm</li> <li>- Mando 1: manual tipo B</li> <li>- Mando 2: manual tipo B</li> <li>- Mando (fusibles): manual tipo BR</li> </ul>	1		

<p>Puentes MT Transformador : Cables MT 12/20 kV</p> <p>Cables MT 12/20 kV del tipo DHZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x50 Al empleando 3 de 10 m de longitud, y terminaciones ELASTIMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR.</p> <p>En el otro extremo son del tipo enchufable acodada y modelo K158LR.</p>	1		
--	---	--	--



**6.5.3. Equipo de Potencia para Edificio de Transformación compacto.**

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN COMPACTO mini-BLOK-24.			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
<b>Transformador :</b> <b>Transformador aceite 24 kV</b>  Transformador trifásico reductor de tensión, según las normas citadas en la Memoria con neutro accesible en el secundario, de potencia 400 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2), grupo de conexión Dyn11, de tensión de cortocircuito de 4% y regulación primaria de + 2,5%, + 5%, + 7,5%, + 10 %.	1		

**6.5.4. Equipo de Baja Tensión para Edificio de Transformación compacto.**

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN COMPACTO mini-BLOK-24.			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
<b>Cuadros BT - B2:</b> <b>CBTO-C</b> Cuadro de BT especialmente diseñado para esta aplicación, con las características indicadas en la Memoria.	1		
<b>Puentes BT - B2:</b> Juego de puentes de cables de BT, de sección y material Cu (Etileno-Propileno) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 2xfase + 1xneutro de 2,5 m de longitud.	1		

#### 6.5.5. Otros para Edificio de Transformación compacto.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN COMPACTO mini-BLOK-24.			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
<b>Iluminación Edificio de Transformación: Equipo de iluminación</b>  Equipo de iluminación compuesto de: Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los equipos de MT.	1		

#### 6.5.6. Total Equipo Transformación compacto mini-BLOK.

<b>TOTAL EQUIPO COMPACTO miniBLOCK</b>	<b>28.525,00 €</b>
--	--------------------

**6.5.7. Sistema de Puesta a Tierra para Edificio prefabricado compacto.**

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO PFU-5/20.			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
<p><b>Tierras Exteriores Protección Transformación: Anillo rectangular</b></p> <p>Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, debidamente montada y conexionada, empleando conductor de cobre desnudo. El conductor de cobre está unido a picas de acero cobreado de 14 mm de diámetro.</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Geometría: Anillo rectangular</li> <li>- Profundidad: 0,5 m</li> <li>- Número de picas: cuatro</li> <li>- Longitud de picas: 2 metros</li> <li>- Dimensiones del rectángulo: 3.0x3.0m</li> </ul>	1	1.285,00 €	1.285,00 €

<p><b>Tierras Exteriores Servicio Transformación: Picas alineadas</b></p> <p>Tierra de servicio o neutro del transformador. Instalación exterior realizada con cobre aislado con el mismo tipo de materiales que las tierras de protección.</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Geometría: Picas alineadas</li> <li>- Profundidad: 0,8 m</li> <li>- Número de picas: dos</li> <li>- Longitud de picas: 2 metros</li> <li>- Distancia</li> </ul>	1	630,00 €	630,00 €
<p><b>Tierras Interiores Protección Transformación: Instalación interior tierras</b></p> <p>Instalación de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, con el conductor de cobre desnudo, grapado a la pared, y conectado a los equipos de MT y demás apartamento de este edificio, así como una caja general de tierra de protección según las normas de la compañía suministradora.</p>	1	0 €	0 €

<p><b>Tierras Interiores Servicio Transformación: Instalación interior tierras</b></p> <p>Instalación de puesta a tierra de servicio en el edificio de transformación, con el conductor de cobre aislado, grapado a la pared, y conectado al neutro de BT, así como una caja general de tierra de servicio según las normas de la compañía suministradora.</p>	1	0 €	0 €
--	---	-----	-----

**6.5.8. PRESUPUESTO TOTAL DEL EDIFICIO PREFABRICADO COMPACTO mini-BLOK.**

PRESUPUESTO TOTAL	
Descripción	Total
<b>Total importe equipo compacto miniBLOK</b>	28.525,00 €
<b>Total importe sistema de tierras</b>	1.915,00 €
<b>Neto del presupuesto completo</b>	30.440,00 €
<b>0% de imprevistos</b>	0,00 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO UNITARIO</b>	30.440,00 €
<p>El total del presupuesto del Centro de Transformación compacto miniBLOK asciende a la cantidad de</p> <p><b>TREINTA MIL CUATROCIENTOS CUARENTA EUROS</b></p>	

## 6.6. PRESUPUESTO UNITARIO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

### 6.6.1. Protecciones INDIVIDUALES del Estudio Básico de Seguridad y Salud.

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
<b>Casco de seguridad</b> homologado en material resistente al impacto, clase N, con arnés de adaptación, con marca "CE", según normas EPI.	10	1,96€	19,60€
<b>Casco de seguridad</b> homologado contra el riesgo eléctrico, clase "E-BT", para uso en baja tensión, con arnés de adaptación, en material resistente al impacto, con marca "CE", según normas EPI.	2	4,04€	8,08€
Par de <b>guantes de cuero</b> y loneta, con marca "CE", según normas EPI.	15	2,29€	34,35€
Par de <b>guantes aislantes</b> para instalaciones eléctricas, con marca "CE", según normas EPI.	2	8,52€	17,04€



Par de <b>guantes de goma impermeables</b> , con marca "CE", según normas EPI.	15	0,72€	10,80€
Par de <b>botas impermeables</b> , fabricadas en cloruro de polivinilo de media caña, varias tallas, con talón y empeine reforzado, forradas en loneta de algodón resistente, con plantilla antisudatoria, suela dentada antideslizante, con marca "CE", según normas EPI.	4	7,22€	28,88€
Par de <b>botas de seguridad</b> contra riesgos en los pies, fabricadas con serraje de piel y loneta reforzada contra los desgarros, varias tallas, con puntera metálica y plantilla antisudatoria forradas en loneta de algodón resistente, suela dentada antideslizante, con marca "CE", según normas EPI.	10	15,08€	150,80€
Par de <b>botas de seguridad</b> , fabricadas con material aislante de la electricidad, varias tallas, dotadas de suela antideslizante, para protección de trabajos en baja tensión, con marca "CE", según normas EPI.	2	26,25€	52,50€
<b>Mono de trabajo</b> de una pieza, de tejido ligero y flexible, amortizable en 1 uso.	10	15,02€	150,20€
<b>Traje impermeable</b> de trabajo, en 2 piezas de PVC.	4	7,88€	31,52€
<b>Gafas contra impactos</b> , homologadas, con marca "CE", según normas EPI.	2	8,52€	17,04€

<b>Mascarilla</b> para la retención de polvo, de pavel filtrante y filtros de recambio, con marca "CE", según normas EPI.	5	0,52€	2,60€
<b>Protectores auditivos</b> con arnés a la nuca.	2	12,87€	25,74€
<b>Cinturón antivibratorio</b> , amortizable en 4 usos.	2	9,97€	19,94€
<b>Peto llamativo y reflectante</b> de seguridad personal, color amarillo ó rojo, amortizable en tres usos.	10	6,44€	64,40€

**6.6.2. Protecciones COLECTIVAS del Estudio Básico de Seguridad y Salud.**

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
<b>Valla móvil metálica</b> de cerramiento de obra, formada por celosía electrosoldada a tubos de hierro galvanizados, de 1,90 m. de altura por 3,50 m. de longitud, con pedestal de hormigón para su sujeción, y elementos de unión entre ellas, incluso formación de puertas para paso de vehículos y personal, montada y desmontada, para diez puestas.	60	2,63€	157,80€
<b>Valla para contención de peatones</b> normalizada, de 2,40x1,05 m., con pieza laterales para empalmes y acoplamiento, amortizable en 10 usos.	10	2,58€	25,80€
<b>Panel direccional reflectante</b> de 80x40 cm. colocado en valla metálica, para diez puestas.	4	9,02€	36,08€
<b>Protección horizontal de huecos</b> con chapa de acero de 1,5 cm, incluso colocación y retirada, para cinco puestas.	5	12,30€	61,5€
<b>Cono de señalización</b> reflectante, colocado y retirado, para tres puestas.	5	2,97€	14,85€

<b>Cartel informativo de obra</b> de 80x40, con postecillo metálico anclado al terreno, para diez puestas.	4	12,99€	51,96€
<b>Señal de seguridad</b> de 40x40 cm indicativa de prohibido el paso para persona ajena a la obra, sujeta a valla móvil en puertas de accesos a la obra. Tres puestas.	4	2,46€	9,84€
<b>Señal de seguridad</b> de 50x40 cm indicativa de uso obligatorio de casco, sujeta a valla móvil en puertas de accesos a la obra. Tres puestas.	4	2,46€	9,84€
<b>Señal de tráfico homologada</b> para obras, con postecillo para anclaje a terreno mediante cemento de hormigón, amortizable en 3 puestas, incluso colocación y retirada.	10	19,64€	196,40€
<b>Banda bicolor (rojo-blanco)</b> plástica, para señalización, colocada y retirada.	200 m	0,38€	76,00€
<b>Baliza luminosa intermitente</b> con carcasa de plástico y pieza de anclaje, con cédula fotoeléctrica y dos las, colocada y retirada. tres puestas.	10 m	8,07€	80,70€
<b>Malla naranja de PVC</b> de 1,10 m. de altura, colocada y retirada.	100 m	1,95€	195,00€
<b>Toma de tierra</b> mediante pica de cobre de 14mm de diámetro y 2m de longitud.	1	28,03€	28,03€
<b>Interruptor diferencial</b> para instalaciones a 220V, de 30mA de sensibilidad, 25 A de intensidad nominal, amortizable en 1 uso, totalmente instalado.	1	41,28€	41,28€

<b>Extintor de polvo seco BCE</b> de 12 Kg, cargado, amortizable en 3 usos, totalmente instalado.	1	30,26€	30,26€
<b>Brigada de seguridad</b> en mantenimiento y reposición de protecciones.	20	26,01€	520,20€
<b>Protección horizontal de huecos</b> con chapa de acero de 1,5 cm, incluso colocación y retirada, para cinco puestas.	5	12,30€	61,5€

**6.6.3. Instalaciones de Higiene y Bienestar del Estudio Básico de Seguridad y Salud.**

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
<b>Alquiler de caseta prefabricada</b> , con comedor, dos aseos, un urinario, dos duchas, y dos placas turcas en otro compartimento con acceso independiente, durante un mes, de 8,20x2,40m, con estructura metálica mediante perfiles conformados en frío, cerramiento de chapa nervada y galvanizada, acabado con pintura prelacada, aislamiento interior con lana de vidrio combinada con poliestireno expandido, revestimiento de PVC en suelos, tablero melaminado en paredes, ventanas de aluminio anodizado, persianas correderas de protección, incluso instalación eléctrica con distribución interior de alumbrado y fuerza con toma exterior a 220 V.	6	128,47€	770,82€
<b>Acometidas a caseta</b> de energía eléctrica, agua, y saneamiento.	1	180,31€	180,31€
<b>Taquilla metálica individual</b> con llave de 1,78 m. de altura, colocada y retirada. para diez usos.	5	7,09€	35,45€
<b>Mesa de madera</b> para cinco personas, amortizable en 4 usos, colocada.	1	15,93€	15,93€

<b>Banco de madera</b> de capacidad para cinco personas, amortizable en 4 usos, colocado.	2	10,31€	20,62€
<b>Horno-microondas</b> para calentar comidas, de 18 L de capacidad, plato giratorio y reloj programador, amortizable en 5 usos, instalado.	1	27,04€	27,04€
<b>Radiador eléctrico de 1000 W</b> , amortizable en 3 usos, instalado.	1	4,21€	4,21€
<b>Recipiente para recogida de desperdicios</b> , tres usos, colocado.	1	7,10€	7,10€
<b>Instalación de dos espejos, dos portarrollos tipo industrial con cerradura, dos perchas, dos jaboneras, y un secamanos eléctrico</b> , para tres usos.	1	32,51€	32,51€
<b>Limpieza y desinfección de caseta</b> de obra.	10	13,01€	13,01€

**6.6.4. Medicina Preventiva de Primeros Auxilios del Estudio Básico de Seguridad y Salud.**

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
<b>Botiquín de urgencia</b> para obra, con contenidos mínimos obligatorios, colocado.	1	52,78€	52,78€
<b>Reconocimiento médico</b> obligatorio.	5	48,26€	48,26€



**6.6.5. Formación de Seguridad e Higiene del Estudio Básico de Seguridad y Salud.**

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN COMPACTO mini-BLOK-24.			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
<b>Formación de seguridad e higiene en el trabajo</b> realizada por un encargado, considerando una hora a la semana.	10	16,09€	160,90€
<b>Comité de seguridad e higiene</b> compuesto por un técnico en la materia de seguridad, con categoría de encargado, dos trabajadores con categoría de oficial de 2ª, un ayudante y un vigilante de seguridad con categoría de oficial de 1ª, considerando como mínimo una reunión al mes.	3	57,91€	173,73€

#### 6.6.6. PRESUPUESTO TOTAL DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

PRESUPUESTO TOTAL	
Descripción	Total
Total importe Protecciones individuales	649,94 €
Total importe Protecciones colectivas	1.535,54 €
Total importe Inst. Higiene y Bienestar	1.107,00 €
Total importe Medicina Preventiva de Primeros Auxilios	101,04 €
Total importe Formación	334,63 €
Neto del presupuesto completo	3.728,15 €
0% de imprevistos	0,00 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO UNITARIO</b>	<b>3.728,15 €</b>
<p>El total del presupuesto del Estudio Básico de Seguridad y Salud asciende a la cantidad de <b>TRES MIL SETECIENTOS VEINTIOCHO EUROS Y QUINCE CÉNTIMOS</b></p>	

## 6.7. PRESUPUESTO UNITARIO DEL PLAN DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS.

### 6.7.1. Plan de Gestión de los Residuos: Evacuación de Residuos.

#### 6.7.1.1. Residuos de Naturaleza Pétreo.

PLAN DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS					
RESIDUOS	VOLUMEN CONTENEDOR/BIDON	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	CANON DE VERTIDO	PRECIO TOTAL
Tierras de excavación	Camión 20T max. 10km	103	64,96€	6,12€	19.287,53€

#### 6.7.1.2. Residuos de Naturaleza NO Pétreo.

PLAN DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS					
RESIDUOS	VOLUMEN CONTENEDOR/BIDON	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	CANON DE VERTIDO	PRECIO TOTAL
Metales	Contenedor 7,0 m3	3	63,49€	2,85€	257,89€
Papel	Contenedor 30 m3	1	97,50€	2,65€	7,92€
Plástico	Contenedor 30 m3	1	97,50€	2,65€	39,60€
Yeso	Contenedor 7,0 m3	1	63,49€	8,13€	79,69€
Arena , Grava y otros áridos	Contenedor 7,0 m3	2	63,49€	8,13€	288,95€
Hormigón	Contenedor 7,0 m3	7	63,49€	3,50€	841,88€
Ladrillos, azulejos y cerámicos	Contenedor 7,0 m3	49	63,49€	5,20€	5.768,22€
Piedra	Contenedor 7,0 m3	5	63,49€	9,06€	746,12€
Basuras	Contenedor 7,0 m3	12	63,49€	9,10€	1.396,40€

**6.7.2. PRESUPUESTO TOTAL DEL PLAN DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS.**

PRESUPUESTO TOTAL	
<b>Total importe Residuos naturaleza pétrea</b>	19.287,53 €
<b>Total importe Residuos naturaleza no pétrea</b>	9.426,66 €
<b>Neto del presupuesto completo</b>	28.714,19 €
<b>0% de imprevistos</b>	0,00 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO UNITARIO</b>	28.714,19 €
El total del presupuesto del Plan de Gestión de Residuos asciende a la cantidad de <b>VEINTIOCHO MIL SETECIENTOS CATROCE EUROS Y DIECINUEVE CÉNTIMOS</b>	
<b>Total importe Residuos naturaleza pétrea</b>	19.287,53 €
El total del presupuesto del Plan de Gestión de Residuos asciende a la cantidad de <b>VEINTIOCHO MIL SETECIENTOS CATROCE EUROS Y DIECINUEVE CÉNTIMOS</b>	

**6.8. PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO DE LA ELECTRIFICACIÓN DE UN POLÍGONO RESIDENCIAL.**

PRESUPUESTO TOTAL	
Descripción	Total
Zanjas de Baja y Media Tensión	182.982,94 €
Red Subterránea de Baja Tensión	147.053,35 €
Red Subterránea de Media Tensión	66.669,50 €
Centro de Transformación PFU-5/20	39.265,00 €
4 Centros de Transformación compactos miniblok	121.760,00 €
Estudio Basico de Seguridad y Salud	3.728,15 €
Plan de gestión de residuos	28.714,19 €
<b>Presupuesto de Ejecución y Material</b>	590.173,13 €
13% Gastos Generales	76.722,51 €
6% Beneficio Industrial	35.410,39 €
<b>Presupuesto de Ejecución de Contrato</b>	702.306,02 €
21% IVA	147.484,27 €

<b>PRESUPUESTO DE LICITACIÓN</b>	849.790,29 €
<p>El presupuesto de licitación del proyecto de "Electrificación de un Polígono Residencial" asciende a la cantidad total de</p> <p><b>OCHOCIENTOS CUARENTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS NOVENTA EUROS Y VEINTINUEVE CÉNTIMOS</b></p>	

# ***Documentación Técnica Especificada.***

**PFC: Electrificación de un Polígono Residencial.**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.**

**Catalina Flores Mula.**



**ÍNDICE DE LA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA ESPECIFICADA.**

**1. CABLES Y ACCESORIOS PARA LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN. ---5**

**1.1. Factores de corrección aplicados al cálculo de la Línea Subterránea de Baja Tensión. ---5**

**1.2. Intensidades máximas de cortocircuito. ---8**

**1.3. Ensayos varios a los que se ha sometido el cable. ---10**

**1.3.1. Ensayo libre de halógenos y muy baja emisión de gases corrosivos. ---10.**

**1.3.2. Ensayo baja emisión de humos opacos. ---11**

**1.3.3. Normativa de ensayos de fuego. ---12**

**1.4. Características mecánicas y eléctricas del cable tipo Al Voltalene Flamex (S). ---13**

**1.5. Características generales del cable Al Voltalene Flamex (S). -  
--- 14**

**1.6. Características técnicas del cable Al Voltalene Flamex (S). --  
... 15**

**2. CABLES Y ACCESORIOS PARA LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN. ---17**

**2.1. Factores de corrección aplicados al cálculo de la Línea Subterránea de Media Tensión. -- 17**

**2.2. Características generales del cable tipo Eprotenax Compact. ---19**

**2.3. Características mecánicas y físico-químicas del cable tipo Eprotenax Compact. ---22**

**2.4. Características eléctricas del cable tipo Eprotenax Compact. ---25**

---

### **3. INSTALACIONES DE ENLACE. ---28**

---

#### **3.1. CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN (CGP). ---28**

##### **3.1.1. Características generales de las Cajas Generales de Protección. ---28**

##### **3.1.2. Montaje interior según NI 42.73.01. ---29**

#### **3.2. CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA (CPM). ---30**

##### **3.2.1. Características generales de las Cajas de Protección y Medida. ---31**

##### **3.2.1. Caja de Protección y Medida (Tipo 1 abonado). ---32**

##### **3.2.2. Caja de Protección y Medida (Tipo 2 abonados). ---33**

#### **3.3. CUADROS MODULARES CON ENVOLVENTES PARA MEDIDA EN BAJA TENSIÓN. ---34**

#### **3.4. CAJAS DE SECCIONAMIENTO. ---35**

---

### **4. EDIFICIOS TIPO CASETA PARA CENTROS DE TRANSFORMACIÓN. ---37**

---

#### **4.1. Características generales del Centro de Transformación PFU-5/20. ---37**

#### **4.2. Dimensiones y características eléctricas del PFU-5/20. ---38**

---

### **5. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADOS. ---40**

---

#### **5.1. Características generales del Centro de Transformación mini-BLOK. ---40**

#### **5.2. Dimensiones y características Eléctricas del mini-BLOK. ---41**

---

### **6. CGMCOSMOS: Sistema modular y compacto con aislamiento integral en seco. ---43**

---

#### **6.1. Características generales del sistema modular y compacto. ---43**

---

**6.2. Sistema modular: Tipos de funciones. ---44**

**6.2.1. CGMCOSMOS-L: función de línea. ---45**

**6.2.2. CGMCOSMOS-P: función de protección con fusibles. ---46**

**6.2.3. CGMCOSMOS-S: función de interruptor pasante. ---47**

**6.2.4. CGMCOSMOS-2LP: funciones de línea y protección con fusibles. ---48**

---

**7. TRANSFORMADOR HERMÉTICO SUMERGIDO EN DIELÉCTRICO LÍQUIDO.. ---51**

---

**7.1. Características generales de los Transformadores Eléctricos de Distribución. ---51**

**7.2. Detalles técnicos de los Transformadores Eléctricos de Distribución. ---53**

**7.3. Tipos de transformadores: características eléctricas. ---56**

---

**8. CUADROS DE BAJA TENSIÓN. ---58**

---

**8.1. Características técnicas y físicas de los Cuadros de Baja Tensión. ---58**

---



## 1. CABLES Y ACCESORIOS PARA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN.

### 1.1. Factores de corrección aplicados al cálculo de la Línea Subterránea de Baja Tensión

#### baja tensión

#### introducción técnica

UNE 211435

REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN (CRITERIO UNE 211435)

### C) REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN (CRITERIO DE LA NUEVA NORMA UNE 211435)




Las redes subterráneas para distribución según el REBT deben realizarse siguiendo las indicaciones de la ITC-BT 07 cuyo contenido está basado en la UNE 20435, norma que ha sido anulada y sustituida por la UNE 211435 (diciembre 2007). Nos encontramos por tanto ante la situación de un contenido reglamentario que está anulado por la aparición de una nueva norma. Hemos decidido, no obstante, incluir en el apartado C bis todo lo que dice el REBT (basado en la anulada UNE 20435) y priorizar este apartado en el que tratamos el contenido de la norma nueva en vigor.

Los cables a utilizar y las modalidades de instalación siguen siendo los citados al comienzo del apartado C bis, nos centraremos en las tablas de carga máxima admisible y sus coeficientes de corrección.

#### INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES

Para cables de Cu tipo RV (Retenax Flam, Retenax Flex, Retenax Flam armados) o Al XZ1(S) (Al Voltalene Flamex) de 0,6/1 kV las intensidades admisibles en función del sistema de instalación están recogidas en la siguiente tabla:

TABLA A.1 (UNE 211435):  
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm <sup>2</sup>	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
<b>ALUMINIO</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390
<b>COBRE</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

Temperatura del terreno en °C	25
Temperatura del aire ambiente en °C	40
Resistencia térmica del terreno en K·m/W	1,5
Profundidad de soterramiento en m	0,7

(1) Tres cables unipolares al trespello.

(2) Tres cables unipolares en la misma tubular.

Obsérvese que ahora el estándar considerado para la resistividad térmica del terreno es 1,5 K·m/W en lugar de 1 K·m/W de la UNE 20435 lo que supone una reducción de las intensidades admisibles en canalizaciones soterradas.

#### FACTORES DE CORRECCIÓN

Si la temperatura ambiente difiere del estándar (40 °C para instalaciones al aire en galerías y 25 °C para instalaciones enterradas) tenemos los siguientes valores a aplicar a las intensidades de la tabla anterior:

baja tensión


Introducción técnica

UNE 211435


REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN (CRITERIO UNE 211435)

TABLA A.6 (UNE 211435):  
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA DISTINTAS TEMPERATURAS (CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS Y CABLES SOTERRADOS)

Temperatura máxima del conductor °C	Temperatura del aire ambiente en cables en galerías, °C								
	20	25	30	35	40	45	50	55	60
90*	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77
105	1,14	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83

Temperatura máxima del conductor °C	Temperatura del terreno en cables soterrados, °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90*	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
105	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83




\* Los cables para redes subterráneas de distribución (Retenax Flam, Retenax Flex, Retenax Flam armados y Al Voltalene Flamex) soportan un máximo de 90 °C en el conductor en régimen permanente.

Cuando la resistividad térmica del terreno sea distinta de 1,5 K-m/W y la instalación sea entubada debemos tener en cuenta los siguientes factores:


TABLA A.7 (UNE 211435):  
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA RESISTIVIDAD TÉRMICA DEL TERRENO DISTINTA DE 1,5 K-m/W (CABLES SOTERRADOS)

Cables instalados en tubos soterrados. Un circuito por tubo							
Sección del conductor mm²	Resistividad del terreno						
	0,8 K-m/W	0,9 K-m/W	1 K-m/W	1,5 K-m/W	2 K-m/W	2,5 K-m/W	3 K-m/W
25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83
35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83
50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83
70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
300	1,15	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81



Si los cables van directamente enterrados tenemos:

Cables directamente soterrados en triángulo en contacto							
Sección del conductor mm²	Resistividad del terreno						
	0,8 K-m/W	0,9 K-m/W	1 K-m/W	1,5 K-m/W	2 K-m/W	2,5 K-m/W	3 K-m/W
25	1,25	1,20	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
35	1,25	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
50	1,26	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,74
70	1,27	1,22	1,17	1,00	0,89	0,81	0,74
95	1,28	1,22	1,18	1,00	0,89	0,80	0,74
120	1,28	1,22	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
150	1,28	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
185	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
240	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,73
300	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,80	0,73
400	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,79	0,73



baja tensión

introducción técnica

UNE 211435

REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN (CRITERIO UNE 211435)

Para tener en cuenta el efecto de la profundidad de enterramiento de la instalación:

TABLA A.8 (UNE 211435):  
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA DISTINTAS PROFUNDIDADES DE SOTERRAMIENTO (CABLES SOTERRADOS)

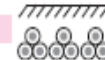
Cables de 0,6/1 kV		
Profundidad, m	Soterrados	En tubular
0,50	1,04	1,03
0,60	1,02	1,01
0,70	1,00	1,00
0,80	0,99	0,99
1,00	0,97	0,97
1,25	0,95	0,96
1,50	0,93	0,95
1,75	0,92	0,94
2,00	0,91	0,93
2,50	0,89	0,91
3,00	0,88	0,90



Coefficientes de corrección por agrupamiento para instalaciones enterradas:

TABLA A.9.2 (UNE 211435):  
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	—
9	0,49	0,62	0,72	0,79	—
10	0,48	0,61	0,71	—	—



Circuitos en tubulares soterrados Tubos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,87	0,90	0,94	0,96	0,97
3	0,77	0,82	0,87	0,90	0,93
4	0,71	0,77	0,84	0,88	0,91
5	0,67	0,74	0,81	0,86	0,89
6	0,64	0,71	0,79	0,85	0,88
7	0,61	0,69	0,78	0,84	—
8	0,59	0,67	0,77	0,83	—
9	0,57	0,66	0,76	0,82	—
10	0,56	0,65	0,75	—	—





## 1.2. Intensidades máximas de cortocircuito.

### baja tensión

### introducción técnica

## F) INTENSIDADES MÁXIMAS DE CORTOCIRCUITO

Seguindo la norma UNE 20460-4-43 podemos calcular la corriente máxima de cortocircuito que puede soportar un cable según la fórmula siguiente:

$$I_{cc} = k \cdot S / \sqrt{t}$$

En la que

- $I_{cc}$ : corriente de cortocircuito en amperios.
- $k$ : constante que depende de la naturaleza del conductor (Cu o Al) y del tipo de aislamiento (termoplástico [PVC o poliolefinas Z1] o termoestable [XLPE, EPR, poliolefinas o silicona])
- $S$ : sección del conductor en  $\text{mm}^2$
- $t$ : la duración del cortocircuito en segundos (mínimo 0,1 segundos, máximo 5 segundos).

Aplicando valores a la fórmula se obtienen las siguientes tablas:

TABLA F-1.

INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLE (A) PARA CONDUCTORES DE Cu CON AISLAMIENTO TERMOPLÁSTICO (TIPO PVC O POLIOLEFINAS Z1), MÁXIMO 160 °C EN CORTOCIRCUITO. ( $I_{cc} = 115 \cdot S / \sqrt{t}$ )

Sección (S)	Duración del cortocircuito en segundos (t)								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
0,5	182	129	105	81	58	47	41	36	33
0,75	273	193	157	122	86	70	61	55	50
1	364	257	210	163	115	94	81	73	66
1,5	545	386	315	244	173	141	122	109	100
2,5	909	643	525	407	288	235	203	182	166
4	1.455	1.029	840	651	460	376	325	291	266
6	2.182	1.543	1.260	976	690	563	488	436	398
10	3.637	2.571	2.100	1.626	1.150	939	813	727	664
16	5.819	4.114	3.359	2.602	1.840	1.502	1.301	1.164	1.062
25	9.092	6.429	5.249	4.066	2.875	2.347	2.033	1.818	1.660
35	12.728	9.000	7.349	5.692	4.025	3.286	2.846	2.546	2.324
50	18.183	12.857	10.498	8.132	5.750	4.695	4.066	3.637	3.320
70	25.456	18.000	14.697	11.384	8.050	6.573	5.692	5.091	4.648
95	34.548	24.429	19.946	15.450	10.925	8.920	7.725	6.910	6.308
120	43.639	30.858	25.195	19.516	13.800	11.268	9.758	8.728	7.967
150	54.549	38.572	31.494	24.395	17.250	14.085	12.198	10.910	9.959
185	67.277	47.572	38.843	30.087	21.275	17.371	15.044	13.455	12.283
240	87.279	61.715	50.390	39.032	27.600	22.535	19.516	17.456	15.935
300	109.099	77.144	62.988	48.790	34.500	28.169	24.395	21.820	19.919



baja tensión

Introducción técnica

TABLA F-2.

INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLE (A) PARA CONDUCTORES DE  $Cu$  CON AISLAMIENTO TERMOESTABLE (TIPO XLPE, EPR, POLIOLEFINAS Z O SILICONA), MÁX 250 °C EN CORTOCIRCUITO. ( $I_{cc} = 143 \cdot S / \sqrt{t}$ )

Sección (S)	Duración del cortocircuito en segundos (t)								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
0,5	226	160	131	101	72	58	51	45	41
0,75	339	240	196	152	107	88	76	68	62
1	452	320	261	202	143	117	101	90	83
1,5	678	480	392	303	215	175	152	136	124
2,5	1.131	799	653	506	358	292	253	226	206
4	1.809	1.279	1.044	809	572	467	404	362	330
6	2.713	1.919	1.566	1.213	858	701	607	543	495
10	4.522	3.198	2.611	2.022	1.430	1.168	1.011	904	826
16	7.235	5.116	4.177	3.236	2.288	1.868	1.618	1.447	1.321
25	11.305	7.994	6.527	5.056	3.575	2.919	2.528	2.261	2.064
35	15.827	11.192	9.138	7.078	5.005	4.087	3.539	3.165	2.890
50	22.610	15.988	13.054	10.112	7.150	5.838	5.056	4.522	4.128
70	31.654	22.383	18.276	14.156	10.010	8.173	7.078	6.331	5.779
95	42.960	30.377	24.803	19.212	13.585	11.092	9.606	8.592	7.843
120	54.265	38.371	31.330	24.268	17.160	14.011	12.134	10.853	9.907
150	67.831	47.964	39.162	30.335	21.450	17.514	15.167	13.566	12.384
185	83.658	59.155	48.300	37.413	26.455	21.600	18.707	16.732	15.274
240	108.529	76.742	62.659	48.536	34.320	28.022	24.268	21.706	19.815
300	135.662	95.927	78.324	60.670	42.900	35.028	30.335	27.132	24.768

TABLA F-3.

INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLE (A) PARA CONDUCTORES DE  $Al$  CON AISLAMIENTO TERMOESTABLE (TIPO XLPE, EPR, POLIOLEFINAS Z O SILICONA), MÁX 250 °C EN CORTOCIRCUITO ( $I_{cc} = 94 \cdot S / \sqrt{t}$ )

Sección (S)	Duración del cortocircuito en segundos (t)								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
16	4.756	3.363	2.746	2.127	1.504	1.228	1.063	951	868
25	7.431	5.255	4.290	3.323	2.350	1.919	1.662	1.486	1.357
35	10.404	7.357	6.007	4.653	3.290	2.686	2.326	2.081	1.899
50	14.863	10.510	8.581	6.647	4.700	3.838	3.323	2.973	2.714
70	20.808	14.713	12.013	9.306	6.580	5.373	4.653	4.162	3.799
95	28.239	19.968	16.304	12.629	8.930	7.291	6.314	5.648	5.156
120	35.670	25.223	20.594	15.952	11.280	9.210	7.976	7.134	6.513
150	44.588	31.529	25.743	19.940	14.100	11.513	9.970	8.918	8.141
185	54.992	38.885	31.750	24.593	17.390	14.199	12.297	10.998	10.040
240	71.341	50.446	41.189	31.905	22.560	18.420	15.952	14.268	13.025
300	89.176	63.057	51.486	39.881	28.200	23.025	19.940	17.835	16.281

### 1.3. Ensayos varios a los que se ha sometido el cable.

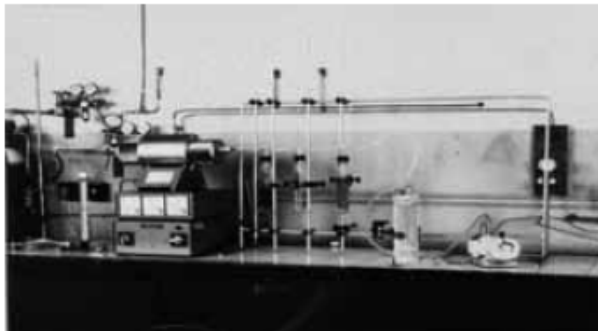
#### 1.3.1. Ensayo libre de halógenos y muy baja emisión de gases corrosivos.

baja tensión

Introducción técnica



LIBRE DE HALÓGENOS Y MUY BAJA EMISIÓN DE GASES CORROSIVOS



Con estos dos test similares se demuestra que el cable ensayado es libre de halógenos (no emite HCl ni otros compuestos halogenados en su combustión) y los gases emitidos son de baja corrosividad con objeto de proteger a las personas y los bienes en caso de incendio.

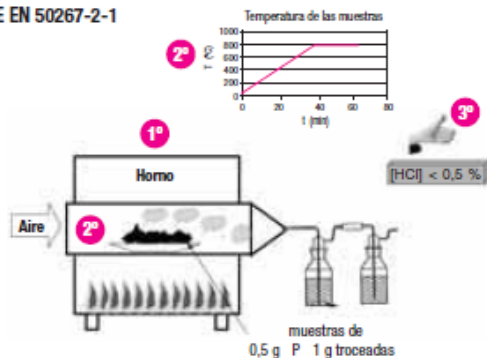
Los ensayos se realizan quemando muestras muy troceadas de material combustible del cable en un horno con temperaturas entre 800 y 900 grados y analizando los gases emitidos con unos frascos lavadores.

Los ensayos de las normas UNE EN 50267-2-1 y UNE EN 50267-2-2 nos confirman que el cable es libre de halógenos y sus productos de combustión son de baja corrosividad.

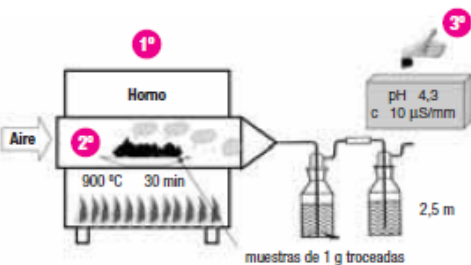
Baja corrosividad se considera cuando el pH de los gases emanados es mayor o igual que 4,3 y la conductividad de los mismos es menor o igual a 10 microsiemens por milímetro (UNE EN 50267-2-2). Es una medida indicativa indirecta de la ausencia de halógenos.

Con las prescripciones de la norma UNE EN 50267-2-1 detectamos además una concentración inferior al 0,5 % de HCl.

UNE EN 50267-2-1



UNE EN 50267-2-2



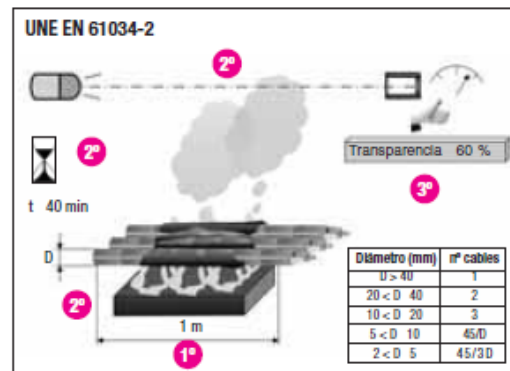
### 1.3.2. Ensayo baja emisión de humos opacos.

#### baja tensión

#### Introducción técnica



#### BAJA EMISIÓN DE HUMOS OPACOS

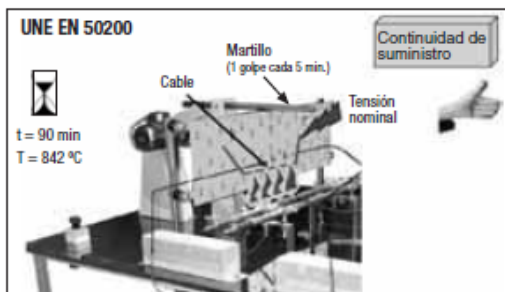


La opacidad de los humos producidos en los incendios es un importante factor a tener en cuenta, cuando los ocupantes de un emplazamiento afectado por el fuego, deben evacuarlo en los primeros instantes, incluso cuando algunos minutos más tarde los equipos de extinción y rescate han de actuar en el local siniestrado.

Para el ensayo de baja opacidad de humos (UNE EN 61034-2) se utiliza una cabina de  $3 \times 3 \times 3 \text{ m}^3$  en la que se queman muestras de 1 m de cable. El número de muestras depende del diámetro exterior (ver dibujo). Se considera el ensayo finalizado cuando no haya decremento en la transmitancia de luz durante cinco minutos, después de que la fuente de fuego se haya extinguido o cuando la duración del ensayo alcance los 40 minutos.



#### RESISTENCIA AL FUEGO



La resistencia al fuego trata de poner de manifiesto la aptitud del cable para dar servicio en condiciones extremas de un incendio. Los cables resistentes al fuego están destinados a aquellos servicios que se pretende no dejen de funcionar en un eventual siniestro con fuego (servicios de seguridad, servicios indispensables...).

El ensayo UNE EN 50200 consiste en someter una muestra de cable a  $830 \text{ °C}$  durante 90 minutos. El test se considera superado si no tiene lugar ni rotura de conductores ni contacto entre los mismos.

Para aproximar al máximo el ensayo a las condiciones reales más desfavorables, durante el ensayo el equipo que sujeta el cable es sometido a un golpe de martillo cada 5 minutos (con la vibración se desprenden las cenizas).

Como se observa en el dibujo, el cable se ensaya doblado para simular la sollicitación mecánica del mismo en las curvas del tendido. Es más fácil un cortocircuito en las zonas de curvado cuando el fuego ataca la canalización.






NOTA: si se requiere se pueden realizar otros ensayos o variantes de los expuestos.

### 1.3.3. Normativa de Ensayos de Fuego.

#### baja tensión

#### Introducción técnica

#### NORMATIVA DE ENSAYOS DE FUEGO

Nuevo CENELEC		Sustituye a:	IEC de referencia
<b>UNE EN 60332-1-1: 2005</b> Métodos de ensayo comunes para cables bajo condiciones de fuego. Ensayo de resistencia a la propagación vertical de la llama para un conductor individual aislado o cable. - Parte 1: Equipo.		—	—
<b>UNE EN 60332-1-2: 2005</b> Parte 2: Procedimientos. Sección 1: Llama premezclada de 1 kW.	UNE EN 60332-1-2	—	—
<b>UNE EN 60332-1-3: 2005</b> Parte 1: Procedimientos. Determinación de las partículas/gotas inflamadas.		—	—
<b>UNE EN 60332-2-1: 2005</b> Métodos de ensayo comunes para cables bajo condiciones de fuego. Ensayo de resistencia a la propagación vertical de la llama para un conductor individual aislado o cable de pequeña sección. - Parte 1: Equipo		—	—
<b>UNE EN 60332-2-2: 2005</b> Parte 2: Procedimientos. Sección 2: Llama de difusión.		—	—
<b>UNE EN 50266-1: 2001</b> Ensayo de cables eléctricos sometidos al fuego. Ensayo de cables colocados en capas. - Parte 1: Equipo.		HD 405.3	—
<b>UNE EN 50266-2-1: 2001</b> Parte 2: Procedimientos. Sección 1: Categoría A F/R.	UNE EN 50266-2-4	HD 405.3	—
<b>UNE EN 50266-2-2: 2001</b> Parte 2: Procedimientos. Sección 2: Categoría A.		HD 405.3	—
<b>UNE EN 50266-2-3: 2001</b> Parte 2: Procedimientos. Sección 3: Categoría B.		HD 405.3	—
<b>UNE EN 50266-2-4: 2001</b> Parte 2: Procedimientos. Sección 4: Categoría C.		HD 405.3	—
<b>UNE EN 50266-2-5: 2001</b> Parte 2: Procedimientos. Sección 5: Categoría D.		HD 405.3	—
<b>UNE EN 50267-1:1999</b> Métodos de ensayo comunes a los cables sometidos al fuego. Ensayo de gases desprendidos durante la combustión de materiales procedentes de los cables. - Parte 1: Equipo.		HD 602	—
<b>UNE EN 50267-2-1:1999</b> Parte 2: Procedimientos. Sección 1: Determinación de la cantidad de gases halógenos ácidos.	UNE EN 50267-2-1 [HCl 0,5%]	—	—
<b>UNE EN 50267-2-2:1999</b> Parte 2: Procedimientos. Sección 2: Determinación de grado de acidez de gases de los materiales por medida del pH y la conductividad.	UNE EN 50267-2-2	—	—
<b>UNE EN 50267-2-3:1999</b> Parte 2: Procedimientos. Sección 3: Determinación del grado de acidez de los gases de los cables a partir de la medida de la media ponderada del pH y de la conductividad.	UNE EN 50267-2-1 [HCl 14%]	HD 602	—
<b>UNE EN 61034-1: 2005</b> Métodos de ensayo comunes para cables sometidos al fuego. Medición de la densidad de humos de cables en combustión bajo condiciones definidas. Parte 1: Equipo de ensayo.		—	—
<b>UNE EN 61034-2: 2005</b> Parte 2: Procedimiento de ensayo.	UNE EN 61034-2	—	—
<b>UNE EN 50200: 2007</b> Método de ensayo de la resistencia al fuego de los cables de pequeñas dimensiones sin protección, para uso en circuitos de emergencia.		—	—
<b>UNE EN 50362: 2003</b> Método ensayo de la resistencia al fuego de los cables de transmisión de datos y energía, sin protección, para uso en circuitos de emergencia (diámetro superior a 20mm).	UNE EN 50200	—	—

#### 1.4. Características mecánicas y eléctricas del cable tipo Al Voltalene Flamex (S).

##### baja tensión

##### introducción técnica

### M) NUEVO CABLE DE ALUMINIO PARA BT AL VOLTALENE FLAMEX (S) CARACTERÍSTICAS COMPARATIVAS FRENTE AL DISEÑO TRADICIONAL AL VOLTALENE N (AL RV)

El nuevo cable Al Voltalene Flamex (S) con designación genérica AL XZ1 (S), viene a mejorar las características mecánicas y de comportamiento frente al fuego del cable de aluminio de BT (Al Voltalene N) que ha dejado de fabricarse en favor del primero (AL XZ1 (S)).

#### MEJORAS SUSTANCIALES DE COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO

- Se mantiene la resistencia a la propagación de la llama según UNE EN 60332-1-2
- Se mejoran las características relativas a la emisión de humos:
  - Reducida emisión de humos opacos (supera el ensayo de opacidad de humos de UNE EN 61034-2)
  - Nula emisión de gases ácidos y corrosivos (UNE EN 50267)

#### OTRAS MEJORAS

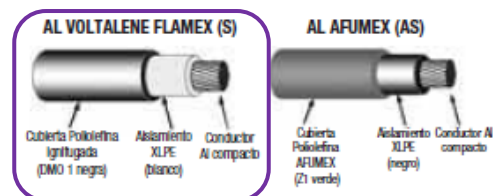
- Se mantiene el diseño unipolar para facilitar el tendido y la confección de accesorios
- Se mejora la resistencia del cable a los agentes externos
  - Resistencia al desgarrar y la abrasión con un material de cubierta de mejores características
  - Resistencia a la entrada de agua por adherencia de la cubierta al aislamiento
- Se mejora la facilidad de instalación, gracias a la reducción del espesor de la cubierta
- Se reduce el impacto medioambiental eliminando estabilizantes con plomo y plastificantes

Con la aparición del nuevo Al Voltalene Flamex (S) desaparecerá el cable Al Voltalene N pero no el Al Afumex (AS) que en cuanto a su comportamiento frente al fuego supera además el ensayo de no propagación del incendio que no cumple el Al Voltalene Flamex (S) y por ello este último no puede ser utilizado en locales de pública concurrencia, derivaciones individuales o líneas generales de alimentación.

Las intensidades admisibles son iguales para los 3 diseños. Se trata de cables termoestables con aislamiento de XLPE (polietileno reticulado).

La siguiente tabla comparativa aclara las propiedades de cada diseño. Son notables las mejoras del Al Voltalene Flamex (S) frente al Al Voltalene N.

Propiedades	Utilidades	AL VOLTALENE N AL RV	AL VOLTALENE FLAMEX (S) AL XZ1 (S)	AL AFUMEX (AS) AL RZ1 (AS)
Resistencia a la tracción	N/mm <sup>2</sup>	12,5	12,5	10
Alargamiento mínimo en la rotura	%	150	300	125
Resistencia al desgarrar UNE-HD 605,1	N/mm	–	9	–
Resistencia a la absorción Masa aplicada Nº de desplazamientos	Kg Nº	–	18 8	–
No propagación de la llama UNE-EN 60332-1-2	–	Si	Si	Si
No propagación del incendio UNE-EN 50266-2-4	–	No	No	Si
Libre de halógenos y gases ácidos UNE-EN 50267 (HCl < 0,5%)	–	No	Si	Si
Opacidad de humos UNE-EN 61034-2 (T > 60%)	–	No	Si	Si





### 1.5. Características generales del cable Al Voltalene Flamex (S).

baja tensión

cables para redes subterráneas y aéreas

## AL VOLTALENE FLAMEX (S)

Tensión nominal: **0,6/1 kV**

Norma diseño: **HD 603-5X-1**

Designación genérica: **AL XZ1 (S)**

### CARACTERÍSTICAS CABLE



No propagación de la llama  
UNE EN 60332-1-2



Baja emisión de humos opacos  
UNE EN 61034-2



Libre de halógenos  
UNE EN 50267-2-1



Nula emisión de gases corrosivos  
UNE EN 50267-2-2



Resistencia a la absorción de agua



Resistencia al frío



Resistencia a los rayos ultravioleta



Resistencia a los agentes químicos



Resistencia a las grasas y aceites



Resistencia a los golpes

### RESISTENTE A LOS ACEITES, ÁCIDOS Y ALCALIS

- Norma constructiva: UNE-HD 603-5X-1 (aplica a las secciones que proceda), IEC-60502.
- Temperatura de servicio (instalación fija): -25 °C, +90 °C. (Cable termoestable).
- Tensión nominal: 0,6/1 kV.
- Ensayo de tensión en c.a. durante 5 minutos: 3500 V.

### Ensayos de fuego:

- No propagación de la llama: UNE EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2; NFC 32070-C2.
- Libre de halógenos: UNE EN 50267-2-1; IEC 60754-1; BS 6425-1.
- Baja emisión de humos opacos: UNE EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Nula emisión de gases corrosivos: UNE EN 50267-2-2; IEC 60754-2; NFC 20453; BS 6425-2; pH 4,3; C 10 μS/mm.

### DESCRIPCIÓN

#### CONDUCTOR

Metal: **Aluminio.**

Flexibilidad: Rígido, clase 2, según UNE EN 60228.

Temperatura máxima en el conductor: **90 °C en servicio permanente**; 250 °C en cortocircuito.

#### AISLAMIENTO

**Mezcla de polietileno reticulado (XLPE)** tipo DIX3, según HD 603-1.

#### CUBIERTA

Material: **Mezcla especial cero halógenos, tipo Flamex DMO1** según UNE HD 603-5.

Color: Negro.



### APLICACIONES

- Redes de distribución, acometidas, instalaciones al aire o enterradas.
  - Redes subterráneas de distribución e instalaciones subterráneas (ITC-BT 07).
  - Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20); salvo obligación de Afumex (AS) (ver ITC-BT 28 y R.D. 2267/2004).

NOTA IMPORTANTE: Inadecuado para ser instalado en locales de pública concurrencia, líneas generales de alimentación, derivaciones individuales y en general toda instalación donde se requiera Afumex (AS). Ver apartado M.

## 1.6. Características técnicas del cable Al Voltalene Flamex (S).

baja tensión

cables para redes subterráneas y aéreas

### AL VOLTALENE FLAMEX (S)

Tensión nominal: **0,6/1 kV**

Norma aplicable: **HD 603-5X-1**

Designación genérica: **AL XZ1 (S)**

#### SECCIONES DISPONIBLES EN STOCK\*

1 COND. (NE)					
1 x 16	1 x 25	1 x 35	1 x 50	1 x 70	1 x 95
1 x 120	1 x 150	1 x 185	1 x 240	1 x 300	

\* Sujeto a modificaciones. (Consultar tarifa vigente).

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

DIMENSIONES, PESOS Y RESISTENCIAS (aproximados)

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Espesor de aislamiento mm	Diámetro sobre aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso total kg/km	Resistencia del conductor a 20 °C Ω/km	Intensidad admisible al aire (1) A	Intensidad admisible enterrado (2) A	Caída de tensión V/A km	
								cos φ = 1	cos φ = 0,8
1 x 16	0,7	6,1	8,3	85	1,91	70	58	4,15	3,42
1 x 25	0,9	7,7	9,9	124	1,2	88	74	2,62	2,19
1 x 35	0,9	8,6	10,8	153	0,868	109	90	1,89	1,6
1 x 50	1	10,1	12,5	200	0,641	133	107	1,39	1,21
1 x 70	1,1	11,9	14,5	265	0,443	170	132	0,97	0,86
1 x 95	1,1	13,8	15,8	340	0,32	207	157	0,7	0,65
1 x 120	1,2	15,3	17,4	420	0,253	239	178	0,55	0,53
1 x 150	1,4	17	19,3	515	0,206	277	201	0,45	0,45
1 x 185	1,6	19,4	21,4	645	0,164	316	226	0,36	0,37
1 x 240	1,7	22,1	24,2	825	0,125	372	261	0,27	0,3
1 x 300	1,8	24,3	26,7	1035	0,1	462	295	0,22	0,26

(1) Instalación en bandeja al aire (40 °C).  
→ XLPE3 con instalación tipo F (Al) → columna 11 (unipolares trifásica).

(2) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 Km/W.  
→ XLPE3 con instalación tipo Método D (Al).

(Ver página 23).

#### CÁLCULOS

**Intensidades máximas admisibles:** Ver apartado A) para instalaciones interiores o receptoras. Para redes de distribución subterráneas ver apartado C o C bis).

**Caídas de tensión:** Ver tabla E.2.

**Intensidades de cortocircuito máximas admisibles:** Ver tabla F.3.



2013



## Cables y Accesorios para Media Tensión



## 2. CABLES Y ACCESORIOS PARA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN.

### 2.1. Factores de corrección aplicados al cálculo de la Línea Subterránea de Media Tensión.

media tensión

Introducción técnica

#### INSTALACIÓN ENTERRADA

1 – Cables enterrados en terrenos con temperatura del mismo distinta de 25 °C:

##### COEFICIENTES DE CORRECCIÓN

Temperatura de servicio, $\theta_s$ , en °C	Temperatura del terreno, $\theta_t$ , en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
105 (Eprotenax Compact)	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83
90 (Volltalene)	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

2 - Cables enterrados directamente o en conducciones en terrenos de resistencia térmica diferente a 1,5 K-m/W.

##### COEFICIENTES DE CORRECCIÓN

Tipo de instalación	Sección del conductor $\text{mm}^2$	Resistividad térmica del terreno, K-m/W						
		0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3
Cables directamente enterrados	25	1,25	1,20	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
	35	1,25	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
	50	1,26	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,74
	70	1,27	1,22	1,17	1,00	0,89	0,81	0,74
	95	1,28	1,22	1,18	1,00	0,89	0,80	0,74
	120	1,28	1,22	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	150	1,28	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	185	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	240	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,73
	300	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,80	0,73
Cables en interior de tubos enterrados	400	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,79	0,73
	25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83
	35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83
	50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83
	70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
	95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
	120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
	300	1,15	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
	400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81

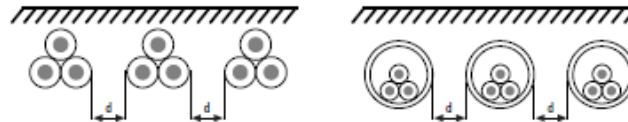
media tensión

Introducción técnica

3 - Cables trifásicos o ternos de cables agrupados bajo tierra.

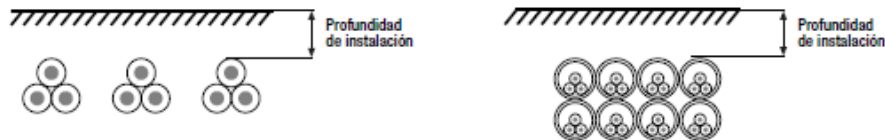
COEFICIENTES DE CORRECCIÓN

Tipo de instalación	Separación de los ternos	Factor de corrección								
		Número de ternos en la zanja								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cables directamente enterrados	En contacto (d = 0 cm)	0,76	0,65	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42
	d = 0,2 m	0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55
	d = 0,4 m	0,86	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65
	d = 0,6 m	0,88	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,74	0,73	—
	d = 0,8 m	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	—	—	—
Cables bajo tubo	En contacto (d = 0 cm)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,49
	d = 0,2 m	0,83	0,75	0,70	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58
	d = 0,4 m	0,87	0,80	0,77	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68
	d = 0,6 m	0,89	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	—
	d = 0,8 m	0,90	0,86	0,84	0,82	0,81	—	—	—	—



4 - Cables enterrados en zanja a diferentes profundidades:

La profundidad de instalación se mide como la distancia vertical entre la superficie del terreno y la parte más baja del cable a menor profundidad del tendido (ver dibujos):



COEFICIENTES DE CORRECCIÓN

Profundidad (m)	Cables enterrados de sección		Cables bajo tubo de sección	
	≤ 185 mm <sup>2</sup>	> 185 mm <sup>2</sup>	≤ 185 mm <sup>2</sup>	> 185 mm <sup>2</sup>
0,50	1,06	1,09	1,06	1,08
0,60	1,04	1,07	1,04	1,06
0,80	1,02	1,03	1,02	1,03
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,25	0,98	0,98	0,98	0,98
1,50	0,97	0,96	0,97	0,96
1,75	0,96	0,94	0,96	0,95
2,00	0,95	0,93	0,95	0,94
2,50	0,93	0,91	0,93	0,92
3,00	0,92	0,89	0,92	0,91

## 2.2. Características generales del cable tipo Eprotenax Compact.

media tensión

cables tipo eprotenax compact

### CABLES TIPO EPROTENAX COMPACT

#### DESIGNACIÓN DE LOS CABLES EPROTENAX COMPACT

Para facilitar la comprensión del modo de designación de los cables EPROTENAX COMPACT se tomará un ejemplo:

AL	EPROTENAX	H	COMPACT	1 x 240/16	mm <sup>2</sup>	12/20	kV
Las siglas AL denotan que el conductor es de aluminio, si no se indica nada, se entiende que el conductor es de cobre.	Es el nombre comercial del cable, e indica que el cable está aislado con goma etileno-propileno.	Cable apantallado	COMPACT indica que el aislamiento es etileno-propileno de alto gradiente (HEPR). La cubierta es tipo VEMEX, (o PVC en el caso de cables armados).	La cifra 1 ó 3 denota que el cable es unipolar o tripolar. 240 indica la sección del conductor en mm <sup>2</sup> . 16 indica la sección de la pantalla en mm <sup>2</sup> .		Tensión nominal 12 kV entre conductor (fase) y pantalla y 20 kV entre conductores (fases). La tensión más elevada entre fases puede ser superior (ver tabla de la página 7).	

Otros ejemplos:

- Cable EPROTENAX H COMPACT 1 x 150/16 mm<sup>2</sup> 12/20 kV.

Cable unipolar, con conductor de cobre de 150 mm<sup>2</sup> de sección, aislado con HEPR, apantallado, con alambres de cobre de sección total 16 mm<sup>2</sup>, no armado, para una tensión nominal de 12/20 kV y con cubierta exterior VEMEX.

- Cable AL EPROTENAX HFA COMPACT 1 x 300/16 mm<sup>2</sup> 6/10 kV.

Cable unipolar, con un conductor de aluminio de 300 mm<sup>2</sup> de sección, aislado con HEPR, apantallado con una corona de hilos de cobre con una sección total de 16 mm<sup>2</sup>, armado con flejes de aluminio, para una tensión nominal de 6/10 kV y con cubierta exterior de PVC (propia de cables armados).

- Cable AL EPROTENAX FA COMPACT 1 x 150 mm<sup>2</sup> 1,8/3 kV.

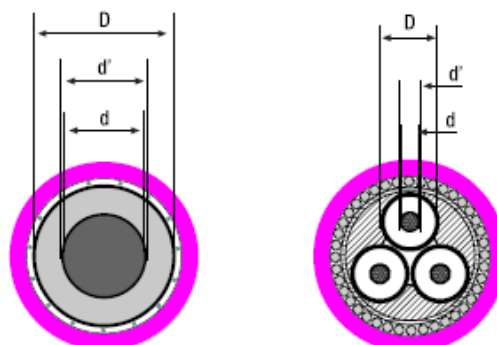
Cable unipolar, con un conductor de aluminio de 150 mm<sup>2</sup> de sección, aislado con HEPR, sin pantalla, armado con flejes de aluminio, para una tensión nominal de 1,8/3 kV y con cubierta exterior de PVC (propia de cables armados).

media tensión

cables tipo eprotenax compact

DIÁMETROS BAJO AISLAMIENTO DE CABLES EPROTENAX COMPACT (UNIPOLARES Y TRIPOLARES)

Sección mm²	d Cuerda mm	d' Semic. Int. mm	D bajo aislamiento (unipolar y tripolar)						
			1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	15/25 kV	18/30 kV
Conductor de Cu									
35	7	8	11	13	14,8	13,8	17	-	-
50	8,3	9,3	12,3	14,3	16,1	15,1	17,9	21,1	25,3
70	9,9	10,9	13,9	15,9	17,7	16,9	19,5	21,9	25,5
95	11,6	12,6	15,6	17,6	19,4	18,6	21,2	23	26
120	13,1	14,1	17,1	19,1	20,9	26,9	22,7	24,5	26,9
150	14,3	15,3	18,3	20,3	22,1	21,5	23,9	25,5	27,7
185	16	17	20	22	23,8	23,2	25,6	27	29
240	18,7	20,1	22,7	25,3	26,9	26,5	28,7	30,3	32,5
300	20,6	22	24,6	27,6	28,8	28,4	30,6	32,4	35,2
400	23,1	24,5	27,1	30,5	31,3	30,9	33,1	35,1	36,9
500	26,4	28,4	30,8	34,8	35,2	35	37,2	39,2	41
Conductor de Al									
35	7	8	11	13	14,8	13,8	17	-	-
50	8,1	9,1	12,1	14,1	15,9	14,9	17,7	20,9	25,1
70	9,8	10,8	13,8	15,8	17,6	16,8	19,4	21,8	25,4
95	11,2	12,2	15,2	17,2	19	18,2	20,9	22,6	25,7
120	12,7	13,7	16,7	18,7	20,5	26,5	22,3	24,1	26,5
150	14	15	18	20	21,8	21,2	23,8	25,2	27,6
185	16,1	17,1	20,1	22,1	23,9	23,3	25,7	27,1	29,1
240	17,9	19,3	21,9	24,5	26,1	25,7	28	29,5	31,8
300	20,6	22	24,6	27,6	28,8	28,4	30,6	32,4	34,2
400	23,1	24,5	27,1	30,5	31,3	30,9	33,2	35,1	37
500	26,3	28,3	30,7	34,7	35,1	34,9	37,1	39,1	40,9



Nota: los valores de d, d' y D son iguales para cables unipolares y tripolares siempre que se trate del mismo material de conductor (Cu o Al), el mismo material de aislamiento (XLPE o HEPR) y la misma sección y tensión. Es decir, por ejemplo un cable de 1x240, 12/20 kV, Al Eprotenax Compact presenta iguales valores de d, d' y D que un cable 3x240, 12/20 kV, Al Eprotenax Compact.

media tensión

cables tipo eprotenax compact

DIÁMETROS EXTERIORES Y PESOS DE CABLES EPROTENAX COMPACT

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Ø ext. mm	Peso kg/km	Ø ext. mm	Peso kg/km	Ø ext. mm	Peso kg/km
	Tipo H (no armado)		Tipo HFA (armado flejes Al)		Tipo HMA (armado alambres Al)	
Unipolares - 12/20 kV (Conductores de cobre)						
1 x 35	22,7	1009	28,3	1307	29	1400
1 x 50	24	1153	29,6	1465	30,5	1576
1 x 70	25,6	1381	31,4	1725	32,9	1902
1 x 95	27,5	1674	33,1	2018	34,8	2227
1 x 120	29	1925	34,8	2302	36,3	2506
1 x 150	30,4	2190	36	2562	37,7	2790
1 x 185	32,5	2562	38,3	2976	39,8	3190
1 x 240	35,4	3199	41,2	3641	42,7	3883
1 x 300	37,5	3776	43,3	4236	46	4631
1 x 400	40,2	4538	46	5022	48,7	5445
1 x 500	43,7	5626	49,7	6171	52,4	6636
Unipolares - 12/20 kV (Conductores de aluminio)						
1 x 35	23,7	728	28,3	1107	29	1200
1 x 50	24,8	783	29,4	1181	30,3	1297
1 x 70	26,5	878	31,3	1321	32,8	1497
1 x 95	28,6	960	32,7	1441	34,4	1641
1 x 120	30	1093	34,4	1590	35,9	1781
1 x 150	32	1200	35,7	1707	37,4	1925
1 x 185	33,2	1369	38,4	1930	39,9	2148
1 x 240	36	1600	40,5	2181	42	2418
1 x 300	38,5	1833	43,3	2497	46	2892
1 x 400	41,3	2130	46,5	2846	49,2	3264
1 x 500	44,1	2498	50,1	3288	52,8	3739

	Tipo H (no armado)		Tipo HF (armado flejes acero)		Tipo HM (armado alambres acero)	
Tripolares - 12/20 kV (Conductores de cobre)						
3 x 35	48	3873	54,4	4966	57,1	6440
3 x 50	51	4492	57,6	5664	60,3	7245
3 x 70	54,6	5403	61,2	6645	63,9	8323
3 x 95	58,5	6491	65,3	7826	68	9598
3 x 120	61,9	7500	68,9	8947	73,1	11616
3 x 150	64,7	8454	71,7	9951	75,9	12704
3 x 185	69,8	9960	77,2	11625	81,2	14926
3 x 240	76	12411	85,1	14982	87,6	17433
3 x 300	80,5	14508	89,6	17205	92,1	19790
Tripolares - 12/20 kV (Conductores de aluminio)						
3 x 35	48	3283	54,4	4362	57,1	5840
3 x 50	50,5	3636	57,1	4785	59,8	6338
3 x 70	54,4	4180	61	5403	63,7	7087
3 x 95	57,6	4715	64,4	6031	67,1	8709
3 x 120	61	5306	68	6715	72,2	9342
3 x 150	64	5840	71	7305	75,2	10067
3 x 185	70	6840	77,4	8509	81,4	11485
3 x 240	74,5	7910	83,6	10444	86,1	12871
3 x 300	80,5	9277	89,6	11950	92,1	14536

### 2.3. Características mecánicas y físico-químicas del cable tipo Eprotenax Compact.

media tensión

cables tipo eprotenax compact

TABLA II

Características de las cubiertas PVC y de poliolefinas (VEMEX = DMZ1) de los cables EPROTENAX COMPACT.

Características	Unidades	Cubierta PVC	Cubierta VEMEX (DMZ1) (habitual)
<b>Mecánicas</b>			
a) Sin envejecimiento			
- Resistencia mínima a la tracción	N/mm <sup>2</sup>	12.50	15
- Alargamiento mínimo a la rotura	%	150	500
b) Después de envejecimiento			
Tratamiento:			
Temperatura	°C	100	110 ± 2
Duración	h	168	336
- Resistencia mínima a la tracción	N/mm <sup>2</sup>	-	-
- Variación	%	25	-
- Alargamiento mínimo a la rotura	%	-	300
- Variación	%	± 25	-
c) Después de envejecimiento a cable completo			
Tratamiento:			
Temperatura	°C	100 ± 2	100 ± 2
Duración	h	168	168
- Resistencia mínima a la tracción	N/mm <sup>2</sup>	-	-
- Variación	%	± 25	-
- Alargamiento mínimo a la rotura	%	-	300
- Variación	%	± 25	-
<b>Físico-Químicas</b>			
a) Pérdida de masa			
Tratamiento:			
Temperatura	°C	100	100 ± 2
Duración	h	168	168
- Pérdida máxima:	mg/cm <sup>2</sup>	1.5	0.5
b) Presión a temperatura elevada			
Tratamiento:			
Temperatura	°C	90	115 ± 2
Duración	h	6	6
Coefficiente k	-	0.7	0.7
- Profundidad máxima de la huella	%	50	50
c) Comportamiento a baja temperatura:			
Tratamiento: Temperatura	°C	-15	-30 ± 2
Tipo de muestra: Halterio	-	-	-
- Alargamiento mínimo a la rotura	%	20	20
d) Resistencia al desgarro (con corte)			
Tratamiento: Temperatura	°C	20 ± 5	20 ± 5
- Resistencia mínima	N/mm <sup>2</sup>	10	24
e) Contracción a cable completo			
Tratamiento:			
Temperatura	°C		80 ± 2
Duración	h		5x5
- Contracción máxima	%		7

media tensión

cables tipo eprotenax compact

TABLA II (CONTINUACIÓN)

Características de las cubiertas PVC y de poliolefinas (VEMEX  $\equiv$  DMZ1) de los cables EPROTENAX COMPACT.

Características	Unidades	Cubierta PVC	Cubierta VEMEX (DMZ1) (habitual)
<b>Físico-Químicas</b>			
f) Resistencia a la abrasión Tratamiento: Temperatura Masa aplicada Velocidad - Mínimo número de desplazamientos	$^{\circ}\text{C}$ kg m/s -		$20 \pm 5$ 36 $0.3 \pm 15\%$ 8
g) Absorción de agua (método gravimétrico) Tratamiento: Temperatura Duración - Variación máxima de masa	$^{\circ}\text{C}$ h mg/cm <sup>2</sup>	$85 \pm 2$ 336 5	$85 \pm 2$ 336 0.5
h) Contenido en metales pesados - Contenido en plomo	%	>1	<0.5 (*)
i) Emisión de gases ácidos (corrosividad) - Valor mínimo de pH - Valor máximo de la conductividad	pH $\mu\text{S}/\text{mm}$	3 100	4,3 10
j) Pérdida de las características mecánicas debido a la exposición a la intemperie - Variación máxima de la resistencia a la tracción. - Variación máxima del alargamiento	% %	25 25	15 15

Las características de la cubierta normal corresponden al tipo de mezcla ST2 (PVC) especificado en la Norma IEC 60502.

Las características de la cubierta VEMEX corresponden al tipo de mezcla de poliolefina especificado en la UNE HD 620. Los ensayos para la comprobación de estas características se realizan según la Norma UNE 60811.

(\*) El compuesto utilizado para la cubierta Z1 (VEMEX), no contiene hidrocarburos volátiles ni halógenos, ni metales pesados (excepto una mínima cantidad de Pb en caso de cubiertas con coloración roja).

TABLA III

Resistencia eléctrica máxima en corriente continua a 20°C en  $\Omega/\text{km}$ .

Sección nominal mm <sup>2</sup>	R máx $\Omega/\text{km}$	
	Cobre desnudo	Aluminio
10	1.830	-
16	1.150	1.910
25	0.727	1.200
35	0.524	0.868
50	0.387	0.641
70	0.268	0.443
95	0.193	0.320

Los valores que figuran en la presente tabla están de acuerdo a la norma UNE EN 60228. Los diámetros de las cuerdas son aproximados.

media tensión

cables tipo eprotenax compact

TABLA IV  
Capacidad en  $\mu\text{F/km}$

Sección nominal $\text{mm}^2$	Cables unipolares y tripolares apantallados						
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	15/25 kV	18/30 kV
10	0.248	0.199	-	-	-	-	-
16	0.282	0.224	0.208	-	-	-	-
25	0.327	0.257	0.234	-	-	-	-
35	0.368	0.288	0.262	0.275	0.199	-	-
50	0.416	0.324	0.293	0.309	0.229	0.183	0.150
70	0.475	0.367	0.332	0.342	0.258	0.215	0.176
95	0.499	0.414	0.374	0.385	0.283	0.249	0.204
120	0.550	0.454	0.409	0.423	0.315	0.271	0.232
150	0.590	0.487	0.438	0.441	0.333	0.294	0.250
185	0.648	0.533	0.488	0.482	0.366	0.324	0.281
240	0.752	0.617	0.553	0.543	0.435	0.365	0.301
300	0.816	0.668	0.599	0.587	0.455	0.387	0.340
400	0.853	0.735	0.658	0.646	0.501	0.417	0.367
500	0.907	0.793	0.737	0.718	0.556	0.465	0.409

Valores informativos calculados en base a los datos dimensionales de los cables que figuran en este catálogo.

TABLA V  
Tensiones de ensayo en fábrica

Tensión nominal $U_0/U$ (kV)	Ensayo de tensión. Tensión aplicada en c.a. durante 5 min para $U \leq 30$ kV (kV)	Ensayo de descargas parciales. Tensión de ensayo (kV)	Nivel de aislamiento a impulsos, $U_p$ (kV)
1,8/3	6.5	-	-
3,6/6	12.5	6.3	60
6/10	21	10.5	75
8,7/15	30.5	15.2	95
12/20	42	21	125
15/25	52.5	26.2	145
18/30	63	31.5	170



## 2.4. Características eléctricas del cable tipo Eprotenax Compact.

media tensión

cables tipo eprotenax compact

TABLA VI

Resistencia a la frecuencia de 50 Hz (90 °C)





Sección nominal mm <sup>2</sup>	Resistencia máxima en c.a. y a 90 °C en Ω/km			
	Cables Unipolares 		Cables Tripolares 	
	Cu	Al	Cu	Al
10	2.310	-	2.346	-
16	1.455	2.392	1.479	2.431
25	0.918	1.513	0.936	1.542
35	0.663	1.093	0.675	1.112
50	0.490	0.800	0.499	0.822
70	0.339	0.558	0.345	0.568
95	0.245	0.403	0.249	0.410
120	0.195	0.321	0.197	0.324
150	0.159	0.262	0.161	0.265
185	0.127	0.209	0.129	0.212
240	0.098	0.161	0.099	0.163
300	0.078	0.128	-	-
400	0.062	0.102	-	-
500	0.051	0.084	-	-

TABLA VII

Resistencia a la frecuencia de 50 Hz (105 °C)

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Resistencia máxima en c.a. y a 105 °C en Ω/km			
	Cables Unipolares 		Cables Tripolares 	
	Cu	Al	Cu	Al
10	2.446	-	2.484	-
16	1.540	2.533	1.566	2.574
25	0.972	1.602	0.991	1.633
35	0.702	1.157	0.715	1.176
50	0.519	0.847	0.528	0.887
70	0.359	0.591	0.365	0.601
95	0.259	0.430	0.264	0.434
120	0.206	0.340	0.209	0.343
150	0.168	0.277	0.170	0.281
185	0.134	0.221	0.137	0.224
240	0.104	0.168	0.105	0.173
300	0.083	0.136	-	-
400	0.066	0.105	-	-
500	0.054	0.089	-	-

Nota: La caída de tensión de la línea para el caso de corriente alterna trifásica, se calcula con la fórmula aproximada:  $\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$ . Donde L, en km, es la longitud de la línea. I, en A, es la intensidad de corriente a transportar. (Se recomienda ver ejemplo de cálculo en la página 34).

media tensión

cables tipo eprotenax compact

TABLA VIII  
Reactancia la frecuencia de 50 Hz

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Reactancia X en $\Omega/\text{km}$ por fase Tensión nominal del cable						
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	15/25 kV	18/30 kV
Tres cables unipolares en contacto mutuo							
10	0.135	-	-	-	-	-	-
16	0.126	-	-	-	-	-	-
25	0.118	0.125	0.134	0.141	-	-	-
35	0.113	0.118	0.128	0.135	0.140	-	-
50	0.108	0.113	0.122	0.128	0.130	0.140	0.148
70	0.101	0.106	0.115	0.120	0.122	0.130	0.137
95	0.099	0.102	0.110	0.115	0.118	0.121	0.129
120	0.095	0.098	0.106	0.111	0.112	0.118	0.123
150	0.093	0.096	0.102	0.108	0.110	0.115	0.118
185	0.089	0.093	0.100	0.104	0.106	0.110	0.113
240	0.088	0.090	0.097	0.101	0.102	0.106	0.109
300	0.086	0.088	0.093	0.097	0.099	0.103	0.105
400	0.085	0.086	0.091	0.095	0.096	0.100	0.102
500	0.084	0.084	0.089	0.092	0.093	0.096	0.099
Un cable tripolar							
10	0.115	-	-	-	-	-	-
16	0.107	-	-	-	-	-	-
25	0.100	0.105	0.118	0.127	-	-	-
35	0.095	0.100	0.112	0.120	0.121	-	-
50	0.091	0.095	0.106	0.114	0.113	0.124	0.135
70	0.086	0.090	0.100	0.107	0.106	0.115	0.125
95	0.083	0.087	0.096	0.102	0.101	0.108	0.115
120	0.081	0.084	0.093	0.098	0.097	0.103	0.110
150	0.079	0.082	0.090	0.096	0.095	0.100	0.105
185	0.079	0.081	0.089	0.094	0.093	0.097	0.101
240	0.076	0.079	0.085	0.090	0.090	0.093	0.097

Nota: La caída de tensión de la línea para el caso de corriente alterna trifásica, se calcula con la fórmula aproximada:  $\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$ . Donde L, en km, es la longitud de la línea. I, en A, es la intensidad de corriente a transportar. (Se recomienda ver ejemplo de cálculo en la página 34).



# INSTALACIONES DE ENLACE

Enero 2011



### 3. INSTALACIONES DE ENLACE.

#### 3.1. CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN (CGP).

##### 3.1.1. Características generales de las Cajas Generales de Protección.

### CAJAS GENERALES DE PROTECCION

#### DESCRIPCION

Cajas destinadas a alojar los elementos de protección de las líneas repartidoras y señalización el principio de la propiedad de las instalaciones de los usuarios.

#### Características Generales

- Envolvente constituida por puerta y cuba fabricadas en poliéster reforzado con fibra de vidrio, color RAL 7035, resistente al calor anormal y al fuego según UNE 20 672/2-1.
- Grado de protección IP41 para CGP con salidas en parte superior e IP43 para las CGP con entrada y salida inferior, según UNE 20 324.
- Clase térmica A según UNE 21 305.
- Grado de protección contra Impactos mecánicos externos, IK09 según UNE 60068-2-62.
- Tapa con sistema de autoventilación para evitar condensaciones sin reducir el grado de protección indicado.
- Cierre de tornillo triangular normalizado, de 11 mm de lado, imperdible y precintable.
- Angulo de apertura de la puerta superior a 90° ( en caso de CGP con puerta mediante bisagras).
- Bases cortocircuitos fusibles sin dispositivo de arco, según normas NI 76.01.01 ó NI 76.02.01 en función del tamaño y con dispositivo extintor de arco según NI 76.01.02.
- Bases tipo cuchilla con pantallas aislantes de protección, desmontables.
- Neutro constituido por conexión amovible de cobre mediante tornillo inoxidable, de cabeza hexagonal y arandela incorporada.



#### Designación y Denominación CGP (1) - (2) / (3) / BUC

CGP: Caja General de Protección.

Grupo (1): Indica el esquema de la CGP (ver esquemas a continuación).

Grupo (2): Intensidad máxima (en amperios) del fusible que se debe colocar.

Grupo (3): Intensidad máxima (en amperios) del fusible que se debe colocar en el segundo circuito.

BUC: Indica cuando la CGP incorpora bases unipolares cerradas con dispositivo extintor de arco.

Ejemplo de designación: CGP-10-250 / BUC

Corresponde a una caja general de protección, equipada con un juego de bases unipolares cerradas, con fusibles de máxima intensidad de 250 A (tamaño 1), esquema 10.

#### TIPOS DE CGP NORMALIZADAS, CARACTERÍSTICAS BÁSICAS Y CODIGOS

Designación de la CGP	Cortacircuitos Fusibles			Utilización	Códigos
	Bases		Fusibles		
	Numero	Tamaño	I Máx. (A)		
CGP-1-100 / BUC	1	00 (BUC)	100	Ext.	7650004
CGP-7-100 / BUC	3	00 (BUC)	100	Ext.	7650005
CGP-7-160 / BUC	3	00 (BUC)	160	Ext.	7650006
CGP-7-250 / BUC	3	1 (BUC)	250	Ext./Int.	7650010
CGP-7-400 / BUC	3	2 (BUC)	400	Ext./Int.	7650011
CGP-9-250 / BUC	3	1 (BUC)	250	Int.	
CGP-9-400 / BUC	3	2 (BUC)	400	Int.	
CGP-10-250 / BUC	3	1 (BUC)	250	Int.	7650018
CGP-11-250 / 250 BUC	3 / 3	1 (BUC)	250	Int.	7650019

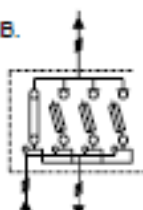
### 3.1.2. Montaje interior según NI 42.73.01.

## CAJAS GENERALES DE PROTECCION

### MONTAJE INTERIOR SEGUN NI 42.73.01

#### Características:

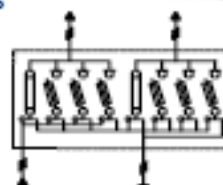
- Envoltente de doble aislamiento, tipo UNINTER módulo 7060, cuba fabricada en poliéster reforzado con fibra de vidrio y tapa de policarbonato transparente.
- Tres bases de 250 A, con dispositivo extintor de arco y detector de fusión.
- Neutro amovible con pletina de conexión para terminales.
- Las conexiones eléctricas se efectúan con tornillería de acero inoxidable.
- Tornillos de acero inoxidable embutidos en las pletinas de entrada y salida de abonado, para el conexionado de terminales bimetálicos hasta 240 mm<sup>2</sup>.
- Complemento: puerta metálica referencia 931.132-IB.
- Esquema 10/BUC:



DESIGNACION IBERDROLA	ANCHO x ALTO x FONDO (mm)	REFERENCIA CAHORS
CGP-10-250/BUC	540x630x171	0446440

#### Características:

- Envoltente de doble aislamiento, tipo UNINTER módulo 7060, cuba fabricada en poliéster reforzado con fibra de vidrio y tapa de policarbonato transparente.
- Seis bases de 250 A, con dispositivo extintor de arco y detector de fusión.
- Dos neutros amovibles con pletina de conexión para terminales.
- La unión entre bases de la misma polaridad se realiza mediante conexiones de cobre aisladas.
- Tornillos de acero inoxidable embutidos en las pletinas de entrada y salida de abonado, para el conexionado de terminales bimetálicos hasta 240 mm<sup>2</sup>.
- Complemento: puerta metálica referencia 931.132-IB.
- Esquema 11/BUC:



DESIGNACION IBERDROLA	ANCHO x ALTO x FONDO (mm)	REFERENCIA CAHORS
CGP-11-250/BUC	630x540x171	0446441

### 3.2. CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA (CPM)

## CAJAS DE PROTECCION Y MEDIDA

### DEFINICION

Caja General de Protección y Medida (CPM), son aquellas cajas que, en un solo elemento, incluyen la caja general de protección y el conjunto de medida.

### DESIGNACION Y DENOMINACION CPM (1) - (2) (3) - (4)

#### Grupo (1):

- 1- Apta únicamente para un contador monofásico.
- 2- Apta para un contador monofásico o trifásico.
- 3- Apta para dos contadores monofásicos.

#### Grupo (2):

- D- Equipada para un contador multitarifa (CE).
- E- Equipada para contador + registrador (CG).

#### Grupo (3):

- 2- Equipada con contador monofásico.
- 4- Equipada con contador trifásico.

En la CPM3, apta para dos contadores, se indicará el equipamiento existente para cada uno de los contadores separados por una barra.

#### Grupo (4):

- M- Instalación empotrada.
- I- Instalación Intemperie.
- BP- Equipada con bloque de pruebas para medida indirecta.

Ejemplo de designación: CPM1-D2-M

Corresponde a una caja de protección y medida para instalación empotrada, equipada para un contador multitarifa.





### 3.2.1. Características generales de las Cajas Generales de Protección.

## CAJAS DE PROTECCION Y MEDIDA

### CARACTERISTICAS GENERALES

- Envoltorio de poliéster reforzado con fibra de vidrio, color gris RAL 7035, resistente al calor anormal o fuego según UNE EN 60 695-2-1/0.
- Grado de protección IP 43 en envoltorios empotrables e IP 55 en envoltorios Intemperie, según UNE 20 324.
- Grado de protección contra impactos mecánicos externos, IK09 en envoltorios empotrables e IK10 en envoltorio Intemperie, según UNE EN 50 102.
- Cableado de una tensión asignada de 450/750 V, con conductores de cobre rígido clase 2, según norma UNE 21 022, unipolares, con aislamiento seco, extruido a base de mezclas
- Opacidad reducida, de acuerdo con lo indicado en la ITC-BT-16.
- Puerta con bisagras, de apertura superior a 100°.
- Cierre de triple acción mediante llave triangular y bloqueo de candado.
- Placa precintable, aislante y transparente de policarbonato de 2 mm de espesor.
- Panel de poliéster troquelado, de 3 mm de espesor.
- Tornillería de fijación de latón, Imperdibles y desplazables por el ranurado del panel,
- Montados en sus ranuras correspondientes.
- Las puertas de las cajas de empotrar, ejecución M, para contadores multifunción y todas las de las cajas de Intemperie, ejecución I, no llevarán mirilla. El resto de modelos serán provistos de mirillas para el contador. Placa de señalización de riesgo eléctrico en exterior de la puerta y en la placa de protección interior.



Tipo de suministro	Nº de contadores	Tipo de instalación	Designación	Código Iberdrola
Monofásico hasta 63 A	1 CE	Empotrable	CPM1-D2-M	4272001
	1 CE	Intemperie	CPM1-D2-I	4272002
	2 CE	Empotrable	CPM3-D2/2-M	4272021
	2 CE	Intemperie	CPM3-D2/2-I	4272023
Trifásico Hasta 15 kW Hasta 43,5 kW (Medida directa)	1 CE o OG	Empotrable	CPM2-D/E4-M	4272014
	1 CE o OG	Intemperie	CPM2-D/E4-I	4272016
	1 CE o OG	Empotrable	CPM2-D/E4-MBP	4272017
	1 CE o OG	Intemperie	CPM2-D/E4-IBP	4272018
Trifásico > 63 A hasta 300 A (Medida indirecta) TI	1 OG	Empotrable	CMT-300E-M	4272100
		Empotrable	CMT-300E-MF	4272102
		Intemperie	CMT-300E-I	4272101
		Intemperie	CMT-300E-IF	4272103
Trifásico hasta 750 A (Medida indirecta) TI	1 OG	Intemperie	CMT-750E-I	4272120

### 3.2.2. Caja de Protección y Medida (Tipo 1 abonado).

## CAJAS DE PROTECCION Y MEDIDA

### MONTAJE INTEMPERIE Y MEDIDA DIRECTA SEGUN NI 42.72.00

#### Descripción del Equipo:

- Capacidad para un contador monofásico multifunción con dispositivo de discriminación horaria, según NI 42.20.01
- Panel troquelado suplementado para un contador monofásico.
- Una mirilla de policarbonato transparente en modelo empotrable.
- Placa precintable, aislante y transparente de policarbonato.
- Panel para montaje de base BUC y neutro amovible.
- Base de neutro amovible de 160A con borne bimetálico de hasta 50 mm<sup>2</sup> de capacidad.
- Base unipolar cerrada BUC tamaño 00 de 160A, según NI 76.01.02.
- Complemento: puerta metálica referencia 931.104-IB.



DESIGNACION IBERDROLA	TIPO INSTALACION	ENVOLVENTE	ANCHO x ALTO x FONDO (mm)	REFERENCIA CAHORS
CPM1-D2-M	Empotrable	MININTER	431x317x183	0257466
CPM1-D2-I	Sallente	SUPERINTER SI 55-T	534x526x338	0471028



### 3.2.3. Caja de Protección y Medida (Tipo 2 abonados).

## CAJAS DE PROTECCION Y MEDIDA

### MONTAJE INTERPERIE Y MEDIDA DIRECTA SEGUN NI 42.72.00

#### Características:

- Capacidad para dos contadores monofásicos multifunción con dispositivo de discriminación horaria, según NI 42.20.01
- Paneles troquelados suplementados para contadores monofásicos.
- Dos mirillas de policarbonato transparente en modelo empotrable.
- Placa precintable, aislante y transparente de policarbonato.
- Panel para montaje de bases BUC y neutros amovibles.
- Bases de neutro amovibles de 160A con bornes bimetálicos de hasta 50 mm<sup>2</sup> de capacidad.
- Bases unipolares cerradas BUC tamaño 00 de 160A, según NI 76.01.02.
- Complemento: puerta metálica referencia 931.105-IB.



CPM3-D2/2-M



CPM3-D2/2-I

DESIGNACION IBERDROLA	TIPO INSTALACION	ENVOLVENTE	ANCHO x ALTO x FONDO (mm)	REFERENCIA CAHORS
CPMG-D2/2-M	Empotrable	MAXINTER	698x578x240	0255261
CPMG-D2/2-I	Saliente	TPD 57-T	750x535x310	0471029
CPMG-D2/2-M	Empotrable	PANINTER	536x517x227	0254419

Nota: Para armarios de un solo abonado, añadir a las referencias -1

### 3.3. CUADROS MODULARES CON ENVOLVENTES PARA MEDIDA EN BAJA TENSIÓN.

## CUADROS MODULARES CON ENVOLVENTES PARA MEDIDA EN BT

### SUMINISTROS MONOFASICOS TIPO "A" SEGUN NI 42.71.01

**Características:**

- Columnas destinadas a suministros monofásicos inferiores a 14 kW, con o sin discriminación horaria.
- Bases Neozed DO2 de 63 A.
- Embarrado general y de protección con pletina de cobre 20x4 mm.
- Cableado con conductores de cobre rígido clase 2, de 10 mm<sup>2</sup> de sección para contadores y de 2,5 mm<sup>2</sup> para el circuito de reloj. Cable con aislamiento seco, extruido a base de mezclas termoestables ignífugas, sin halógenos, denominación H07Z-R.
- Bornas de salida con capacidad hasta 25 mm<sup>2</sup>.
- Bornas con seccionamiento de 4 mm<sup>2</sup>.
- Velo aislante transparente, precintable en la unidad funcional de embarrado general.
- Ventanilla única practicable para lectura de contadores electrónicos.



DESIGNACION IBERDROLA	COLUMNA PARA	ALTURA (mm)	REFERENCIA CAHORS
A4	4 contadores	900	0234652-N
A8	8 contadores	1.170	0234654-N
A12	12 contadores	1.440	0234769-N
A15	15 contadores	1.710	0234617-N

**Nota:** Para centralizaciones conexonadas a 220 v añadir a la referencia -B1

### 3.4. CAJAS DE SECCIONAMIENTO.

## CAJAS DE SECCIONAMIENTO

### MONTAJE INTEMPERIE SEGUN NI 76.50.04

#### Características:

- Envoltente de poliéster reforzado con fibra de vidrio, tipo MAXINTER.
- Grado de protección IP 43 UNE 20 234 e IK09 UNE EN 50 102.
- Tres bases unipolares cerradas BUC tamaño 1 o tamaño 2, con dispositivo extintor de arco y tornillería de conexión M10 de acero inoxidable.
- Neutro amovible con tornillería de conexión M10 de acero inoxidable.



CS-250/400 E

DESIGNACION IBERDROLA	TIPO INSTALACION	ENVOLVENTE	ANCHO x ALTO x FONDO (mm)	REFERENCIA CAHORS
CS-250/400 E	Empotrable	MAXINTER	698x578x240	0555060
CS-400/400 E	Empotrable	MAXINTER	698x578x240	0555064

#### Características:

- Envoltente de poliéster reforzado con fibra de vidrio, tipo TPD 57-T.
- Grado de protección IP 55 UNE 20 234 e IK10 UNE EN 50 102.
- Tres bases unipolares cerradas BUC tamaño 1 o tamaño 2, con dispositivo extintor de arco y tornillería de conexión M10 de acero inoxidable.
- Neutro amovible con tornillería de conexión M10 de acero inoxidable.



CS-250/400 S

DESIGNACION IBERDROLA	TIPO INSTALACION	ENVOLVENTE	ANCHO x ALTO x FONDO (mm)	REFERENCIA CAHORS
CS-250/400 S	Saliente	TPD 57-T	750x535x310	0470132
CS-400/400 S	Saliente	TPD 57-T	750x535x310	0470133



## Centros de Transformación

**PFU y PF**

**Edificios Tipo Caseta para Centros de Transformación**

Hasta 36 kV





## 4. EDIFICIOS TIPO CASETA PARA CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.

### 4.1. Características generales del Centro de Transformación PFU-5/20.

#### PFU edificio monobloque tipo caseta para centros de transformación

##### PRESENTACIÓN

El edificio **PFU** es una envolvente industrializada monobloque de hormigón tipo caseta para **Centros de Transformación de Ormazabal** de instalación en superficie y maniobra interior de hasta 36 kV.

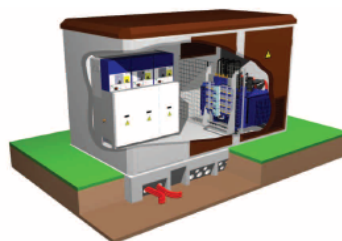
##### COMPOSICIÓN

Los **Centros de Transformación de Ormazabal** en edificio **PFU** se componen de:

- Aparataje de MT con aislamiento integral en gas: Sistema CGMCOSMOS (hasta 24 kV) y sistema CGM.3 (36 kV).
- Unidades de protección, control y medida (telemando, teled medida, control integrado, telegestión, etc.) de Ormazabal.
- Hasta 2 Transformadores de distribución de MT/BT de llenado integral en dieléctrico líquido de hasta 36 kV y 1000 kVA<sup>(1)</sup> de potencia unitaria.
- Aparataje de BT: Cuadro/s de Baja Tensión de hasta 8 salidas por cuadro.
- Interconexiones directas por cable MT y BT.
- Circuito de puesta a tierra.
- Circuito de alumbrado y servicios auxiliares.
- Edificio monobloque de hormigón **PFU**.

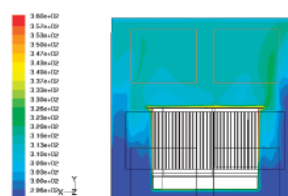


(1) Para otros valores consultar a nuestro Departamento Técnico-Comercial.



##### CARACTERÍSTICAS

- **Edificio industrializado para Centro de Transformación:**
  - Capacidad para incorporar diferentes esquemas de distribución de MT.
  - Compuesto de envolvente monobloque (base y paredes) más cubierta amovible.
  - Variedad de acabados superficiales externos.
- **Hasta 2 Transformadores:**
  - Edificio ensayado para transformadores de hasta 36 kV y 1000 kVA.
  - Puerta frontal individual para cada transformador.
  - Delimitación del transformador mediante defensa de seguridad.
  - Fosos de recogida de dieléctrico líquido, con revestimiento resistente y estanco, diseñados y dimensionados teniendo en cuenta el volumen de dieléctrico líquido que puedan recibir.
  - Elementos de protección cortafuegos adicionales: lecho de guijarros sobre el foso de recogida de dieléctrico.
- **Ventilación:**
  - Por circulación natural de aire, clase 10, conseguida mediante rejillas instaladas en las paredes de la envolvente y en la puerta del transformador.
  - Ensayos y modelización de ventilación natural con transformadores Ormazabal, para la optimización de la vida útil de los mismos.
  - Bajo demanda: Estudios personalizados en función de los datos aportados por el cliente.
- **Accesos de peatón:**
  - Puerta/s frontal/es para la realización de maniobras y operaciones de mantenimiento.
  - Posibilidad de añadir una separación física entre las celdas de la Compañía Eléctrica y las del Cliente.
- **Entrada/salida de cables de MT y BT**
  - A través de orificios semiperforados en la base del edificio (frontal / lateral).
  - Entrada Auxiliar de acometida de Baja Tensión, situada en la pared frontal del edificio.



Simulación y modelización de ventilaciones

## 4.2. Dimensiones y características eléctricas del PFU-5/20

### Modelos PFU

#### DIMENSIONES EXTERIORES Y PESOS

PFU Hasta 24/36 kV					
		PFU-3	PFU-4	PFU-5	PFU-7
Longitud	[mm]	3280	4460	6080	8080
Anchura	[mm]	2380	2380	2380	2380
Altura	[mm]	3045	3045	3045	3250
Altura vista	[mm]	2585	2585	2585	2790
Peso*	[kg]	10545	13465	17460	29090

Opcional: Cubierta sobreelevada para 36 kV, no aplicable a PFU-7

(Altura estándar +195 mm)

Dimensiones puerta de acceso peatonal: 900 (24 kV) /1100 (36 kV) x 2100 mm

Dimensiones puerta de transformadores: 1260 x 2100 mm

(\*) Peso del edificio vacío con cubierta estándar y ventilación para 1000 kVA

### CONFIGURACIONES ELÉCTRICAS

#### CONFIGURACIONES ELÉCTRICAS TIPO

PFU-3	2L + 1P + 1 Transformador + 1CBT
PFU-4	3L + 1V + 1 Transformador + 1CBT
PFU-5	2L+ 1S + 1P + 1M + 1 Transf. + 1CBT
	2L + 2P + 2 Transformadores + 2CBT
	3L + 2P + 2 Transformadores + 2CBT
	3L + 1R+ 1P+ 1M + 1 Transformador + 1CBT
PFU-7	1L + 1V + 1M + 2P + 2 Transf. + 2CBT
	5L+2P+2 Transf.+2 CBT
	3L+1R+1V+1M+2P+2 Transf. + 2 CBT
	3L+1R+1V+1M+2P+1 Transf. + 1 CBT

Los PFU admiten telecontrol y telegestión de Ormazabal. Consultar a nuestro departamento Técnico-Comercial.

Donde: L = Celda / Función de Línea

P = Celda / Función de Protección con Fusibles

V = Celda / Función de Prot. con Int. Autom. de Vacío

S = Celda / Función de Interruptor Pasante

M = Celda / Función de Medida

CBT = Cuadro de Baja Tensión

### APLICACIONES

#### Centros de Transformación Ormazabal

- Seguros
- Respetuosos con el Medio Ambiente
- Sostenibles
- Ergonómicos

#### en Generación:

- Parques eólicos
- Instalaciones fotovoltaicas
- Cogeneraciones
- etc.

#### en Distribución:

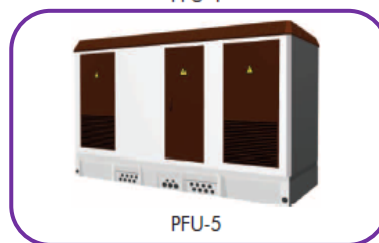
- Distribución pública y privada.
- Entornos industriales.
- Grandes infraestructuras: aeropuertos, ferrocarriles, autopistas, puertos, túneles, etc.
- Estaciones Depuradoras de Aguas
- Instalaciones con telemando incorporado.
- Instalaciones con telemedida.
- Posibilidad de Centros de Transformación a prueba de arco interno, clase IAC, mediante acuerdo fabricante-cliente.
- Soluciones prefabricadas según norma UNE-EN 62271-202, montadas de acuerdo a procedimientos controlados y ensayadas en fábrica.
- Asociación con una amplia gama de centros **Ormazabal** para la proyectos urbanísticos y soluciones técnicas: C.T. Prefabricados, Centros de Maniobra y Seccionamiento, etc.



PFU-3



PFU-4



PFU-5



PFU-7

➔ Nota: Para otras configuraciones consultar a nuestro Departamento Técnico-Comercial



**ORMAZABAL**

Especialistas en Media Tensión



**Centros de Transformación  
Prefabricados IEC 62271-202**



**Centros de Transformación Prefabricados Compactos**  
miniBLOK y miniSUB      Hasta 36 kV

## 5. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADOS.

### 5.1. Características generales del Centro de Transformación mini-BLOK.



#### COMPOSICIÓN

Los Centros de Transformación Prefabricados Compactos miniBLOK presentan la siguiente configuración máxima:

- Conjunto eléctrico compacto asociado, MB:
  - Aparata de Media Tensión con aislamiento integral en gas: **CGMCOSMOS-2LP** hasta 24 kV o **CGM.3-2LP** hasta 36 kV. Esquema eléctrico (RMU) de 2 posiciones de línea, entrada y salida, y una posición de protección con interruptor combinado con fusibles.
  - Unidades de protección, control y medida (telemando, telemedida, control integrado, telegestión, etc.) de Ormazabal.
  - Transformador de Distribución de Media Tensión de 250, 400 ó 630 kVA
  - Aparata de BT: cuadro de Baja Tensión con unidad de control y protección, así como acometida auxiliar de socorro.
  - Interconexiones directas de MT y BT.
  - Bastidor autoportante.
  - Conexión de circuito de puesta a tierra.
  - Alumbrado y servicios auxiliares.
- Envolvente monobloque de hormigón armado más cubierta amovible.
- Opcional: Plataforma aislante de maniobra.



Nota: Para otras configuraciones y/o valores consultar a nuestro Departamento Técnico-Comercial.



#### CARACTERÍSTICAS

El miniBLOK se caracteriza por disponer de:

- Conjunto eléctrico compacto asociado, MB:
  - Modelos de 24 y 36 kV.
  - Montaje íntegro en fábrica.
  - Ensayos realizados al MB como equipo individual y como conjunto en el miniBLOK.
  - Reducido tamaño y versatilidad.
  - Idoneidad para su aplicación en esquemas de distribución pública hasta 36 kV.
  - Sustitución del equipo de forma rápida y sencilla.
- Envolvente prefabricada de hormigón:
  - Reducidas dimensiones: idóneo para espacios limitados.
  - Baja altura: escaso impacto visual.
  - Cuerpo de construcción monobloque con cubierta amovible.
  - Foso interior de recogida de dieléctrico líquido, con revestimiento resistente y estanco, como medio de protección contra la contaminación del suelo.
  - Elementos de protección cortafuegos: lecho de guijarros sobre el foso de recogida de dieléctrico.
- Ventilación:
  - Por circulación natural de aire, clase 10, a través de dos rejillas de entrada instaladas en las paredes de la envolvente y una salida perimetral superior.
  - Herramientas de mejora utilizadas:
- Ensayos y modelización de ventilación natural con transformadores Ormazabal, para la optimización de la vida útil de los mismos.
- Bajo demanda: Estudios personalizados en función de los datos aportados por el cliente.
- Accesos de peatón:
  - Puerta de dos hojas con fijación a 90° y 180° para la realización de maniobras y operaciones de mantenimiento.
- Entrada/salida de cables de MT y BT:
  - A través de orificios semiperforados en la base del edificio.
  - Entrada auxiliar de acometida de Baja Tensión, situada en lateral de la envolvente. Permite la entrada de cables provenientes de un grupo electrógeno, para alimentar a través del cuadro de baja tensión a clientes en situaciones de incidencia.



## 5.2. Dimensiones y características Eléctricas del mini-BLOK.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
	miniBLOK 24	miniBLOK 36
Tensión asignada [kV]	24	36
Frecuencia [Hz]	50	50
Arco Interno (clase IAC)	16 kA / 0,5 s	16 kA / 0,5 s
<b>Transformador</b>		
Potencia [kVA]	250 / 400 / 630	250 / 400 / 630
<b>Aparatura MT</b>		
Intensidad asignada [A]		
En Barras	400/630	400/630
En Derivación	400/630(L) 200(P)	400/630(L) 200(P)
Intensidad de corta duración [kA]	16 / 20	16 / 20
Nivel de aislamiento		
Frecuencia Industrial [kV]	50 / 60	70 / 80
Impulso tipo rayo [kV]CRESTA	125 / 145	170 / 195
<b>Cuadro Baja Tensión</b>		
Tensión asignada [V]	440	440
Intensidad asignada [A]	1000	1000
Intensidad asignada[A] / nºsalidas	400 / 4	400 / 4

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		
	miniBLOK 24	miniBLOK 36
Ancho [mm]	2100	2100
Fondo [mm]	2100	2100
Alto [mm]	2240	2240
Alto visto [mm]	1600	1600
Peso máximo* [kg]	7400	7550

(\*) con transformador de 630 kVA y sin telemando

Nota: Para otras configuraciones y/o valores consultar a nuestro Departamento Técnico-Comercial.



## INSTALACIÓN

El **miniBLOK** se suministra totalmente montado desde fábrica, con lo que el proceso de instalación se reduce únicamente a la colocación del edificio en la excavación, y a la posterior conexión de los cables de MT y BT.

La facilidad de instalación, sus reducidas dimensiones y peso, así como su carácter recuperable, facilitan su utilización tanto en aplicaciones permanentes como en usos temporales.

Nota: Para la realización de la excavación solicitar la documentación técnica necesaria a nuestro Departamento Técnico-Comercial.  
Es obligatoria la realización, por parte del instalador, del proyecto que contemple el estudio del sistema de puesta a tierra.





**Aparamenta de Media Tensión  
Distribución Secundaria**

**CGMCOSMOS**  
**Sistema modular y compacto**  
**con aislamiento integral en gas**  
Hasta 24 kV



## 6. CGMCOSMOS: Sistema modular y compacto con aislamiento integral en seco.

### 6.1. Características generales del sistema modular y compacto.

Sistema Modular y Compacto CGMCOSMOS  
con Aislamiento Integral en gas  
Hasta 24 kV

Apararata de Media Tensión  
Distribución Secundaria

#### Descripción general

##### PRESENTACIÓN

CGMCOSMOS de Ormazabal es un sistema de celdas modulares y compactas para la distribución secundaria de Media Tensión.

CGMCOSMOS es modular y extensible gracias al conjunto de unión ORMALINK patentado por Ormazabal para la obtención de cualquier esquema de Media Tensión.

CGMCOSMOS aporta prestaciones destacadas entre las cuales:

- Aislamiento integral en gas.
- Seguridad, fiabilidad e insensibilidad ante entornos agresivos.
- Niveles de tensión hasta 24 kV.

##### ÁMBITOS DE IMPLEMENTACIÓN

El sistema CGMCOSMOS es utilizado en una gran variedad de instalaciones, tanto públicas como privadas, principalmente:

- Distribución pública:
  - Áreas urbanas y rurales
- Usuarios en Media Tensión:
  - Sector servicios
  - Sector industrial
  - Infraestructuras
- Energías renovables

##### NORMAS APLICADAS

###### IEC 62271-1

Estipulaciones comunes para las normas de apararata de alta tensión.

###### IEC 62271-200

Apararata bajo envoltente metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.

###### IEC 60265-1

Interruptores de alta tensión. Parte 1: Interruptores de alta tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV.

###### IEC 62271-102

Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.

###### IEC 62271-105

Combinaciones interruptor-fusibles de corriente alterna para alta tensión.

###### IEC 62271-100

Interruptores automáticos de corriente alterna para alta tensión.

###### IEC 60255

Relés eléctricos.

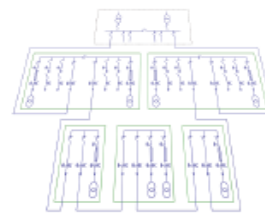
###### IEC 60529

Grados de protección para envoltentes.

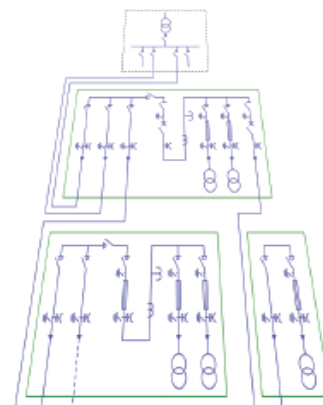
###### IEC 61958

Sistemas indicadores de presencia de tensión.

- ➔ El sistema CGMCOSMOS supera el ensayo de inmersión a una presión de 3 metros de columna de agua, 24 horas a tensión nominal y prueba de aislamiento a frecuencia industrial.



Distribución pública



Distribución privada

## 6.2. Sistema modular: Tipos de funciones.

Sistema Modular y Compacto CGMCOSMOS  
con Aislamiento Integral en gas  
Hasta 24 kV

Aparata de Media Tensión  
Distribución Secundaria

### Tipos de funciones

UNIDADES MODULARES

**CGMCOSMOS-L**



Función de línea

**CGMCOSMOS-S**



Función de interruptor pasante  
(puesta a tierra opcional)

**CGMCOSMOS-RB**



Función de remonte de barras  
(puesta a tierra opcional)

**CGMCOSMOS-P**



Función de protección con fusibles

**CGMCOSMOS-RC**



Función de remonte de cables  
(disponible variante para doble cable: R2C)

**CGMCOSMOS-V(AV)**



Función de protección con interruptor automático

**CGMCOSMOS-V(RAV)**



Función de protección con interruptor automático con reenganche

**CGMCOSMOS-M**



Función de medida

UNIDADES COMPACTAS

**CGMCOSMOS-2LP**



Funciones de línea y protección con fusibles  
(otras variantes: 3LP, 2L2P o 3L2P)

**CGMCOSMOS-RLP**



Funciones de remonte de barras, línea y protección con fusibles

**CGMCOSMOS-2L**



Funciones de línea

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			L	P	V (AV)	V (RAV)	S	S-Pt	RC	RB	RB-Pt	M
Tensión asignada*	$U_n$	[kV]	hasta 24*									
Frecuencia asignada	$f_n$	[Hz]	50/60									
Corriente asignada												
en barras e interc. caldas	$I_n$	[A]	400/630	400/630	400/630	630	400/630			400/630		400/630
en derivación	$I_d$	[A]	400/630	-	400/630	630	400/630			400/630		400/630
en bajante de transformador	$I_t$	[A]	-	200	-	-	-			-		-
Corriente admisible asignada de corta duración												
valor $I_{sc}$ = 1 s o 3 s	$I_{sc}$	[kA]	16/20**	16/20**	16/20**	20**	16/20**	-	-	16/20**		-
valor de cresta	$I_{cr}$	[kA]	40/52**	40/52**	40/50**	50**	40/52**	-	-	40/52,5**		-
Clasificación arco interno	IAC AFL		16 kA 1 s / 20** kA 1 s					-	-	16 kA 1 s / 20** kA 1 s		-
Dimensiones												
Altura*		[mm]	1740									
Fondo		[mm]	735	735	845	735			735		1025	
Ancho		[mm]	365	470	480	450			365		800	
Peso*		[kg]	100	150	240	115	40		100		165**	

\* Ver datos pormenorizados para 12 kV en páginas sucesivas. Disponibilidad de  $U_n = 7,2$  kV bajo pedido.  
 \*\* Ensayos realizados con intensidad 21 kA / 54,6 kA  
 # Ver dimensiones reducidas bajo especificaciones en páginas siguientes  
 ## El peso hace referencia a la envolvente, sin ningún transformador en su interior

### 6.2.1. CGMCOSMOS-L: función de línea.

Sistema Modular y Compacto CGMCOSMOS  
con Aislamiento Integral en gas  
Hasta 24 kV

#### CGMCOSMOS-L

##### Función de línea

Celda modular con función de línea o acometida, provista de interruptor-seccionador de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra).

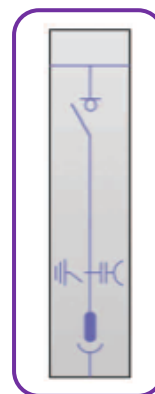
Extensibilidad: derecha, izquierda y ambos lados.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS				
Tensión asignada*	$U_r$	[kV]	12	24
Frecuencia asignada	$f_r$	[Hz]	50/60	50/60
Corriente asignada				
en barras e interconexión de celdas	$I_r$	[A]	400/630	400/630
acometida	$I_a$	[A]	400/630	400/630
Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial (1 min)				
fase-tierra y entre fases	$U_d$	[kV]	28	50
distancia de seccionamiento	$U_d$	[kV]	32	60
Tensión soportada asignada a impulso de tipo rayo				
fase-tierra y entre fases	$U_p$	[kV]	75	125
distancia de seccionamiento	$U_p$	[kV]	85	145
Clasificación arco interno	IAC AFL	16 kA 1 s / 20** kA 1 s		
Grado de protección	IP	IP33 + IPX7		
Interruptor-Sectionador s/ IEC 60265-1 + IEC 62271-102				
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)				
Valor $t_k = 1$ s o 3 s	$I_k$	[kA]	16/20**/25*	16/20**
Valor de cresta	$I_p$	[kA]	40/52**/62,5*	40/52**
Poder de corte asignado de corriente principalmente activa	$I_1$	[A]	400/630	
Poder de corte asignado de cables en vacío	$I_{ca}$	[A]	50/1,5	
Poder de corte asignado de bucle cerrado	$I_{2a}$	[A]	400/630	
Poder de corte asignado en caso de defecto a tierra	$I_{da}$	[A]	300	
Poder de corte asignado de cables/lineas en vacío en caso de defecto a tierra	$I_{da}$	[A]	100	
Poder de cierre del interruptor principal (valor de cresta)	$I_{ma}$	[kA]	40/52**/62,5*	40/52**
Categoría del interruptor				
Endurancia mecánica			1000-M1 (manual) 5000-M2 (motor)	
Ciclos de maniobras (cierres cc)- clase			5-E3	
Seccionador de Puesta a Tierra s/ IEC 62271-102				
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito de tierras)				
Valor $t_k = 1$ s o 3s	$I_k$	[kA]	16/20**/25*	16/20**
Valor de cresta	$I_p$	[kA]	40/52**/62,5*	40/52**
Poder de cierre del Seccionador de Puesta a Tierra (valor de cresta)	$I_{ma}$	[kA]	40/52**/62,5*	40/52**
Categoría del Seccionador de Puesta a Tierra				
Endurancia mecánica (manual)			1000-M0	
Ciclos de maniobras (cierres cc)- clase			5-E2	

\* También disponible  $U_r = 7,2$  kV bajo pedido  
\*\* Ensayos realizados con corriente 21 kA / 52,5 kA  
# Valor solo válido para  $t_k = 1$  s

\* También disponible  $U_r = 7,2$  kV bajo pedido  
\*\* Ensayos realizados con corriente 21 kA / 52,5 kA  
# Valor sólo válido para  $t_k = 1$  s

Aparamiento de Media Tensión  
Distribución Secundaria



##### APLICACIONES

Acometida de entrada o salida de los cables de Media Tensión, permitiendo comunicar con el embarrado del conjunto general de celdas.



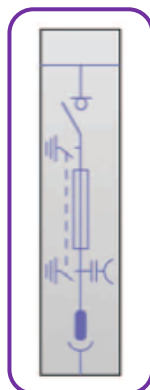
##### DIMENSIONES

Alto	[mm]	1740	1300
Fondo	[mm]	735	735
Ancho	[mm]	365	365
Peso	[kg]	100	90



### 6.2.2. CGMCOSMOS-P: función de protección con fusibles.

Aparamento de Media Tensión  
Distribución Secundaria



#### APLICACIONES

Maniobras de conexión, desconexión y protección, permitiendo comunicar con el embarrado del conjunto general de celdas.



DIMENSIONES			
Alto	[mm]	1740	1300
Fondo	[mm]	735	735
Ancho	[mm]	470	470
Peso	[kg]	150	140

Sistema Modular y Compacto CGMCOSMOS  
con Aislamiento Integral en gas  
Hasta 24 kV

#### CGMCOSMOS-P

#### Función de protección con fusibles

Celda modular con función de protección con fusibles, provista de un interruptor-seccionador de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra; antes y después de los fusibles) y protección con fusibles limitadores.

Extensibilidad: derecha, izquierda y ambos lados.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
Tensión asignada*	$U_r$	[kV]	12                      24
Frecuencia asignada	$f_r$	[Hz]	50/60                      50/60
Corriente asignada			
en barras e interconexión de celdas	$I_r$	[A]	400/630                      400/630
en bajante de transformador	$I_t$	[A]	200                      200
Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial (1 min)			
fase-tierra y entre fases	$U_d$	[kV]	28                      50
distancia de seccionamiento	$U_g$	[kV]	32                      60
Tensión soportada asignada a impulso de tipo rayo			
fase-tierra y entre fases	$U_p$	[kV]	75                      125
distancia de seccionamiento	$U_p$	[kV]	85                      145
Categoría de arco interno	IAC AFL	16 kA 1 s / 20** kA 1 s	
Grado de protección	IP	IP33 + IPX7	
Interruptor-Seccionador s/ IEC 60265-1 + IEC 62271-102			
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)			
Valor $t_k = 1 \text{ s o } 3 \text{ s}$	$I_k$	[kA]	16/20**/25*                      16/20**
Valor de cresta	$I_p$	[kA]	40/52**/62,5*                      40/52**
Poder de corte asignado de corriente principalmente activa	$I_r$	[A]	200
Poder de cierre del interruptor principal (valor de cresta)	$I_{ms}$	[kA]	40/52**/62,5*                      40/52**
Categoría del interruptor			
Endurancia mecánica		1000-M1 (manual) 5000-M2 (motor)	
Ciclos de maniobras (cierres cc)- clase		5-E3	
Corriente de intersección combinado interruptor-relé (ekorRPT)			
$I_{ms}$ de corte s/ TD <sub>int</sub> IEC 62271-105	[A]	1700	1300
Corriente de transición combinado interruptor-fusible			
$I_{ms}$ de corte s/ TD <sub>transfer</sub> IEC 62271-105	[A]	2300	1600
Categoría del Seccionador de Puesta a Tierra s/ IEC 62271-102			
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito de tierras)			
Valor $t_k = 1 \text{ s o } 3 \text{ s}$	$I_k$	[kA]	1/3
Valor de cresta	$I_p$	[kA]	2,5/7,5
Poder de cierre del Seccionador de Puesta a Tierra (valor de cresta)	$I_{ms}$	[kA]	2,5/7,5
Categoría del Seccionador de Puesta a Tierra			
Endurancia mecánica (manual)		1000-M0	
Ciclos de maniobras (cierres cc)- clase		5-E2	

\* También disponible  $U_r = 7,2 \text{ kV}$  bajo pedido

\*\* Ensayos realizados con corriente 21 kA / 52,5 kA

# Valor sólo válido para  $t_k = 1 \text{ s}$

\* También disponible  $U_r = 7,2$  kV bajo pedido

\*\* Ensayos realizados con corriente 21 kA / 52,5 kA

# Valor sólo válido para  $t_k = 1$  s

### 6.2.3. CGMCOSMOS-S: función de interruptor pasante.

Sistema Modular y Compacto CGMCOSMOS  
con Aislamiento Integral en gas  
Hasta 24 kV

#### CGMCOSMOS-S

##### Función de Interruptor pasante

Celda modular con función de interruptor pasante, provista de un interruptor-seccionador de dos posiciones (conectado y seccionado).

Extensibilidad: ambos lados.

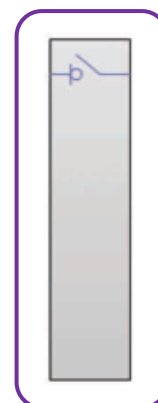
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS				
Tensión asignada*	$U_r$	[kV]	12	24
Frecuencia asignada	$f_r$	[Hz]	50/60	50/60
Corriente asignada				
en barras e interconexión de celdas	$I_r$	[A]	400/630	400/630
acometida	$I_a$	[A]	400/630	400/630
Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial (1 min)				
fase-tierra y entre fases	$U_d$	[kV]	28	50
distancia de seccionamiento	$U_d$	[kV]	32	60
Tensión soportada asignada a impulso de tipo rayo				
fase-tierra y entre fases	$U_p$	[kV]	75	125
distancia de seccionamiento	$U_p$	[kV]	85	145
Clasificación arco interno	IAC AFL	16 kA 1 s / 20** kA 1 s		
Grado de protección	IP	IP33 + IPX7		
Interruptor-Sectionador s/ IEC 60265-1 + IEC 62271-102				
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)				
Valor $t_k = 1$ s o 3 s	$I_k$	[kA]	16/20**/25*	16/20**
Valor de cresta	$I_p$	[kA]	40/52**/62,5*	40/52**
Poder de corte asignado de corriente principalmente activa	$I_1$	[A]	400/630	
Poder de corte asignado de cables en vacío	$I_{a0}$	[A]	50/1,5	
Poder de corte asignado de bucle cerrado	$I_{2a}$	[A]	400/630	
Poder de corte asignado en caso de defecto a tierra	$I_{da}$	[A]	300	
Poder de corte asignado de cables/lineas en vacío en caso de defecto a tierra	$I_{da}$	[A]	100	
Poder de cierre del interruptor principal (valor de cresta)	$I_{ms}$	[kA]	40/52**/62,5*	40/52**
Categoría del interruptor				
Endurancia mecánica			1000-M1 (manual) 5000-M2 (motor)	
Ciclos de maniobras (cierres cc)- clase			5-E3	

\* También disponible  $U_r = 7,2$  kV bajo pedido

\*\* Ensayos realizados con corriente 21 kA / 52,5 kA

# Valor sólo válido para  $t_k = 1$  s

Aparamento de Media Tensión  
Distribución Secundaria



##### APLICACIONES

Interrupción en carga del embarrado principal del centro de transformación.



##### DIMENSIONES

Alto	[mm]	1740	1300
Fondo	[mm]	735	735
Ancho	[mm]	450	450
Peso	[kg]	115	110

#### 6.2.4. CGMCOSMOS-2LP: funciones de línea y protección con fusibles.

Aparata de Media Tensión  
Distribución Secundaria

Sistema Modular y Compacto CGMCOSMOS  
con Aislamiento Integral en gas  
Hasta 24 kV

#### CGMCOSMOS-2LP

##### Funciones de línea y protección con fusibles

Celda compacta (RMU) con dos funciones de línea y una de protección con fusibles, que incluye tanto las prestaciones de las celdas de línea como la de protección, albergadas en una única cuba.

Extensibilidad: derecha, izquierda, ambos lados o ninguna.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		L		P	
Tensión asignada*	$U_n$ [kV]	12	24	12	24
Frecuencia asignada	$f_n$ [Hz]	50/60	50/60	50/60	50/60
Corriente asignada					
en barras e interconexión de celdas	$I_b$ [A]	400/630	400/630	400/630	400/630
acometida	$I_a$ [A]	400/630	400/630	-	-
en bajante de transformador	$I_t$ [A]	-	-	200	200
Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial (1 min)					
fase-tierra y entre fases	$U_{sc}$ [kV]	28	50	28	50
distancia de seccionamiento	$U_{ss}$ [kV]	32	60	32	60
Tensión soportada asignada a impulso de tipo rayo					
fase-tierra y entre fases	$U_{rs}$ [kV]	75	125	75	125
distancia de seccionamiento	$U_{rs}$ [kV]	85	145	85	145
Clasificación arco interno	IAC AFL	16 kA 1 s / 20** kA 1 s			
Grado de protección	IP	IP33 + IPX7			
Interruptor-Seccionador s/ IEC 60265-1 + IEC 62271-102		L		P	
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)					
Valor $t_k = 1$ s o 3 s	$I_k$ [kA]	16/20**/25*	16/20**	16/20**/25*	16/20**
Valor de cresta	$I_p$ [kA]	40/52**/62,5*	40/52**	40/52**/62,5*	40/52**
Poder de corte asignado de corriente principalmente activa	$I_1$ [A]	400/630		200	
Poder de corte asignado de cables en vacío	$I_{dc}$ [A]	50/1,5		-	
Poder de corte asignado de bucle cerrado	$I_{sc}$ [A]	400/630		-	
Poder de corte asignado en caso de defecto a tierra	$I_{dt}$ [A]	300		-	
Poder de corte asignado de cables/líneas en vacío en caso de defecto a tierra	$I_{dt}$ [A]	100		-	
Poder de cierre del interruptor principal (valor de cresta)	$I_{cs}$ [kA]	40/52**/62,5*	40/52**	40/52**/62,5*	40/52**
Categoría del interruptor					
Endurancia mecánica		1000-M1 (manual) / 5000-M2 (motor)			
Ciclos de maniobras (cierres cc)- clase		5-E3			
Corriente de intersección combinado interruptor-relé (ekorRPT)					
$I_{sc}$ de corte s/ TD <sub>sc</sub> IEC 62271-105	[A]	-	-	1250	1250
Corriente de transición combinado interruptor-fusible					
$I_{sc}$ de corte s/ TD <sub>sc</sub> IEC 62271-105	[A]	-	-	1500	1300
Seccionador de Puesta a Tierra s/ IEC 62271-102		L		P	
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito de tierras)					
Valor $t_k = 1$ s o 3 s	$I_k$ [kA]	16/20**/25*	16/20**	1/3	
Valor de cresta	$I_p$ [kA]	40/52**/62,5*	40/52**	2,5/7,5	
Poder de cierre del Seccionador de Puesta a Tierra (valor de cresta)	$I_{cs}$ [kA]	40/52**/62,5*	40/52**	2,5/7,5	
Categoría del Seccionador de Puesta a Tierra					
Endurancia mecánica (manual)		1000-M0			
Ciclos de maniobras (cierres cc)- clase		5-E2			

\* También disponible  $U_n = 7,2$  kV bajo pedido

\*\* Ensayos realizados con corriente 21 kA / 52,5 kA

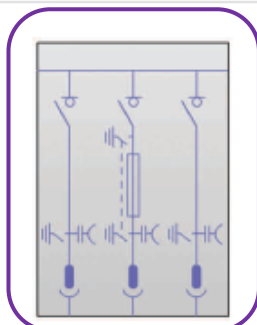
# Valor sólo válido para  $t_k = 1$  s

\* También disponible  $U_n = 7,2$  kV bajo pedido  
\*\* Ensayos realizados con corriente 21 kA / 52,5 kA  
# Valor sólo válido para  $t_k = 1$  s



**Sistema Modular y Compacto CGMCOSMOS  
con Aislamiento Integral en gas  
Hasta 24 kV**

Apararmento de Media Tensión  
Distribución Secundaria



DIMENSIONES CGMCOSMOS-2LP

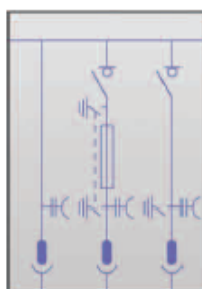
Alto	[mm]	1740	1300
Fondo	[mm]	735	735
Ancho	[mm]	1190	1190
Peso	[kg]	310	290

**CGMCOSMOS-RLP**

**Funciones de remonte de barras, línea y protección con fusibles\***

Celda compacta con una función de remonte de barras, una de protección con fusibles, y una de línea, que incluye tanto las prestaciones de las celdas de remonte, protección con fusibles y línea, albergadas en una única cuba.

Extensibilidad: derecha, izquierda, ambos lados o ninguna.



DIMENSIONES

Alto	[mm]	1740	1300
Fondo	[mm]	735	735
Ancho	[mm]	1190	1190
Peso	[kg]	295	275

**CGMCOSMOS-2L**

**Funciones de línea\***

Celda compacta con dos funciones de línea, que incluye las prestaciones de las celdas de línea, albergadas en una única cuba.

Extensibilidad: derecha, izquierda, ambos lados.

Configuración CGMCOSMOS-3L mediante agrupación de módulos.



DIMENSIONES

CGMCOSMOS-2L

Alto	[mm]	1740	1300
Fondo	[mm]	735	735
Ancho	[mm]	730	730
Peso	[kg]	210	210

DIMENSIONES

CGMCOSMOS-3L

Alto	[mm]	1740	1300
Fondo	[mm]	735	735
Ancho	[mm]	1095	1095
Peso	[kg]	310	400



**Transformadores Herméticos de Llenado  
Integral Sumergidos en Dieléctrico Líquido**  
Hasta 36 kV

## 7. TRANSFORMADOR HERMÉTICO SUMERGIDO EN DIELECTRICO LÍQUIDO.

### 7.1. Características generales de los Transformadores Eléctricos de distribución.

## Características principales

### Seguridad

Nuestros transformadores son sometidos a los ensayos descritos en la serie de normas IEC 60076.

Para ello disponemos de laboratorios propios, equipados con aparatos y sistemas de medida modernos y precisos, certificados y calibrados de acuerdo a las directrices de la norma ISO 9001, con el fin de obtener productos con los más exigentes estándares de calidad.

### Ensayos individuales o de rutina

Todos los transformadores fabricados son sometidos a los siguientes ensayos de rutina según IEC 60076-1:

- Medida de la resistencia de los arrollamientos.
- Medida de la relación de transformación y verificación del acoplamiento.
- Medida de la impedancia de cortocircuito y de las pérdidas debidas a la carga.
- Medida de las pérdidas y la corriente en vacío.
- Ensayos dieléctricos individuales:
  - Ensayo de tensión aplicada a frecuencia industrial.
  - Ensayo de tensión inducida.

#### Ensayo de tensión aplicada a frecuencia industrial

	MT			BT		
Tensión más elevada del material (Nivel de Aislamiento).						
[kV]	12	17,5	24	36	1,1	3,6
Tensión aplicada a frecuencia industrial (50 Hz durante 1 minuto).						
[kV]	28	38	50	70	3	10

### Ensayos de tipo

En común acuerdo con nuestro cliente, se realizan los siguientes ensayos, siguiendo la normativa internacional vigente:

- Ensayo de calentamiento.
- Ensayos de dieléctricos de tipo:
  - Ensayo impulso tipo rayo u onda de choque.

#### Ensayo impulso tipo rayo u onda de choque

	MT			BT		
Tensión más elevada del material (Nivel de Aislamiento).						
[kV]	12	17,5	24	36	1,1	3,6
Tensión soportada asignada de Impulso tipo rayo (1.2 / 50 µs).						
[kV]	75	95	125	170	20	20



### Ensayos especiales

Ensayos especiales por petición expresa del cliente:

- Ensayos dieléctricos especiales
- Medida de las descargas parciales.
- Determinación de las capacidades devanados – tierra y entre devanados.
- Medida de la impedancia homopolar (en transformadores trifásicos).
- **Ensayo** de aptitud para soportar **cortocircuitos** (IEC 60076-5), realizado en laboratorios acreditados, tanto externos como interno (**HPL**).
- Determinación del nivel de ruido (IEC 60076-10)
- Medida de los armónicos de la intensidad de vacío.
- Medida de la resistencia de aislamiento y/o medición del factor de disipación (tangente delta) de las capacidades de los aislamientos.

### Ensayos adicionales

#### Ensayos sobre Aceite dieléctrico

La vida útil del transformador está en gran medida relacionada con la calidad del líquido dieléctrico.

Aseguramos los más elevados estándares de calidad a través de exigentes procesos de calificación y auditoría de producto, así como por la aplicación de las tecnologías más avanzadas en su proceso de tratamiento.

- Densidad a 20°C
- Viscosidad a 40°C
- Contenido de agua
- Tensión de ruptura
- Factor de disipación
- Tensión interfacial
- Acidez
- Punto de inflamación

#### Ensayos sobre cubas

- Ensayo de Fatiga EN 50464-4

#### Ensayos de pintura

- Medida espesor
- Ensayo adherencia
- Ensayo de dureza
- Ensayo de plegado
- Ensayo de impacto
- Ensayo de embutición
- Ensayo de niebla salina





## 7.2. Detalles técnicos de los Transformadores Eléctricos de Distribución.

### Detalles técnicos

#### Familia

Desde 25 hasta 2500 kVA •  
Nivel de Aislamiento 24 y 36 kV

Transformadores Sumergidos en  
Dieléctrico Líquido

#### Descripción

Estos transformadores cumplen las  
siguientes características:

- Transformadores trifásicos, 50 Hz para instalación en interior o exterior.
- Herméticos de llenado integral.
- Sumergidos en Aceite mineral de acuerdo a la norma IEC 60296.
- Refrigeración ONAN.
- Color azul oscuro, de acuerdo a la norma UNE 21428.

Los datos y valores mostrados  
corresponden a las Condiciones  
Normales de Funcionamiento  
referenciadas en la norma  
IEC 60076-1.

Para otras configuraciones consultar a  
Ormazabal.

#### Normas aplicadas

Los transformadores cumplen con las  
siguientes normas:

- UNE 21428
- EN 50464
- IEC 60076



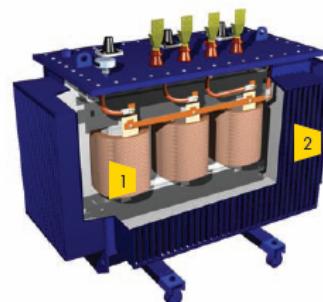
#### Estructura constructiva

##### Parte activa

La parte activa del transformador es el sistema de transformación de energía, compuesto por el núcleo ferromagnético, los arrollamientos y las conexiones de Media Tensión y de Baja Tensión.

##### Envolvente y dieléctrico

La envolvente metálica del transformador y el dieléctrico líquido aportan el aislamiento y la refrigeración necesarios



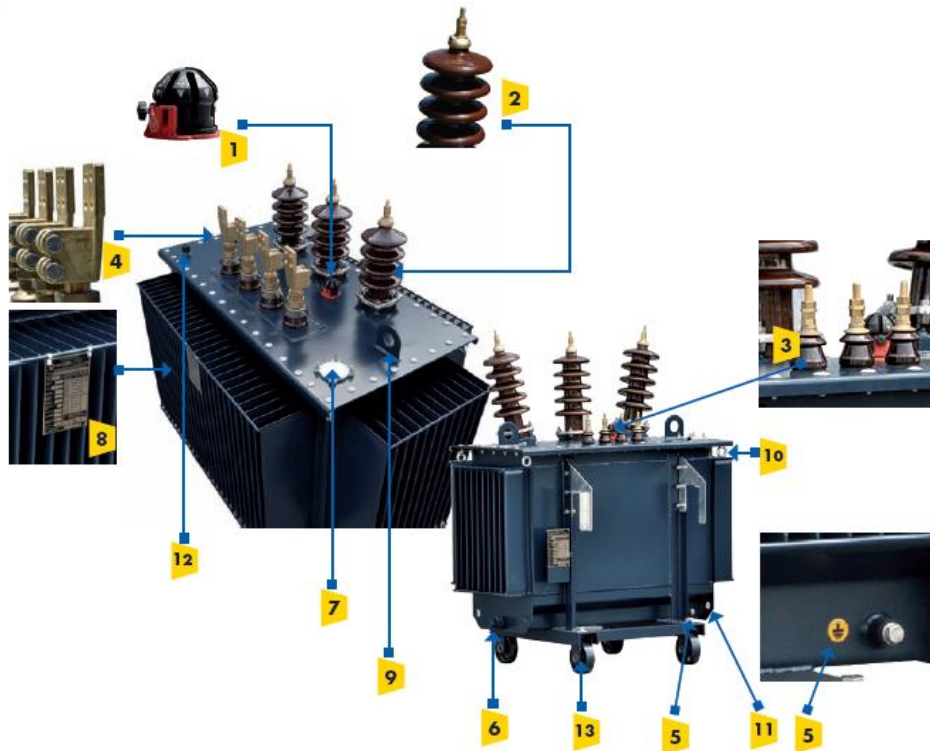
1. Parte activa
2. Envolvente y dieléctrico

Arrollamientos	Beneficios
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arrollamientos concéntricos.</li> <li>• Aislamiento entre capas: Celulosa con resina epoxi que compacta las bobinas, una vez curada.</li> <li>• Fabricación de las bobinas con técnicas y maquinaria de última generación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimización del comportamiento frente a esfuerzos de cortocircuito</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento experto de la refrigeración de bobinas.</li> <li>• Cuidada ejecución de las bobinas y los canales de refrigeración.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora de la disipación del calor de los devanados.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilización de materiales celulósicos de calidad contrastada.</li> <li>• Manipulación y almacenaje óptimo para mantener las propiedades de los aislamientos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aislamiento asegurado.</li> </ul>

Conexiones y conmutador	Beneficios
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terminales de MT y BT.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión del transformador con el exterior.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conmutador de regulación, maniobrable sin tensión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite ajustar la tensión del secundario de forma precisa.</li> </ul>

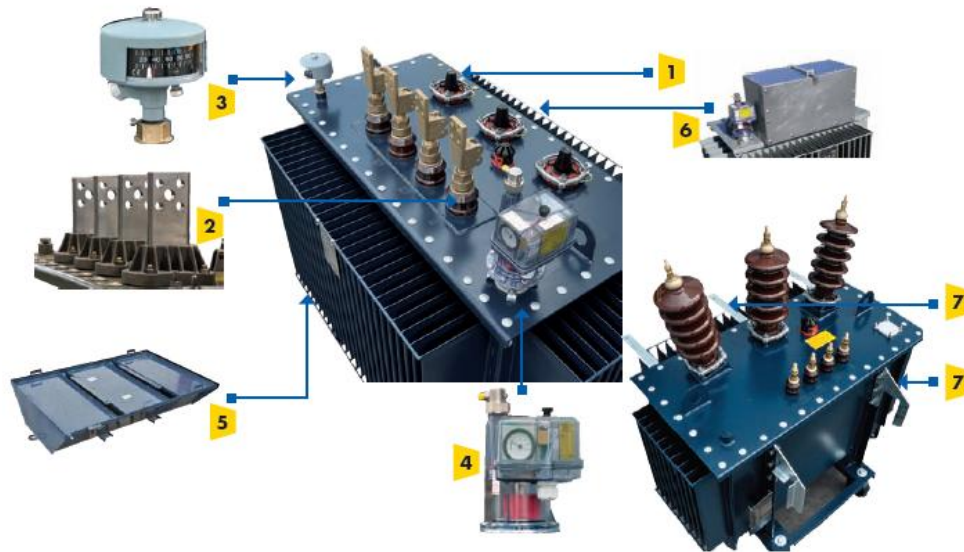
Envolvente y dieléctrico	Beneficios
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envolvente metálica, tipo elástica, con aletas de refrigeración.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la superficie de disipación de calor.</li> <li>• Absorción de variaciones en volumen del dieléctrico líquido originados por los cambios de temperatura en el mismo.</li> <li>• Protección mecánica y eléctrica.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubo de llenado integral, herméticamente sellada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No degradación del dieléctrico líquido al no estar en contacto con el aire.</li> <li>• Mantenimiento reducido</li> <li>• Reducción de tamaño.</li> <li>• Sin depósito de expansión o desecador.</li> <li>• Menor peso.</li> <li>• Apantallamiento de campos electromagnéticos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sumergido en dieléctrico líquido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción del nivel de ruido.</li> <li>• Mejora del comportamiento frente a sobrecargas y armónicos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamiento superficial y Pintura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección contra corrosión, agentes atmosféricos, insolación e impactos.</li> </ul>

## Equipamiento de serie UNE-21428



Aceite mineral aislante no inhibido		UNE-EN 60296
1. Conmutador de regulación (maniobrable sin tensión)		UNE-EN 60214
Conmutador de cambio de tensión sobre tapa para los transformadores de doble tensión primaria (maniobrable sin tensión)		UNE-EN 60214
2. Pasatapas MT de porcelana		UNE-EN 50180
3. Pasatapas BT de porcelana		UNE-EN 50386
4. Terminales planos de conexión BT	≥630 kVA	
5. 2 Terminales de tierra en la cuba		UNE-EN 50216-4
6. Dispositivo de vaciado y toma de muestras.		UNE-EN 50216-4
7. Dispositivo de llenado		UNE-21428
8. Placa de características		UNE-21428
9. 2 Cáncamos de elevación		UNE-21428
10. 4 Cáncamos de arriostamiento		UNE-21428
11. 4 Dispositivos de arrastre		UNE-21428
12. Dispositivo para alojamiento de termómetro		UNE-EN-50216-4
13. Ruedas	≥250 kVA	UNE-EN-50216-4

## Equipamiento opcional



1. Pasatapas enchufables MT	UNE-EN 50180
2. Pasabarras unipolar BT	UNE-EN 50387
3. <u>Termómetro: mide la temperatura de la capa superior del líquido aislante.</u> Disponible con 2 contactos. (alarma y disparo) y aguja de máxima.	
4. Relé de protección integral Funciones: Control de presión interna de la cuba Control de temperatura del líquido dieléctrico Control de nivel de aceite y detección de gases	UNE-EN 50216-3
5. Dispositivo de recogida del dieléctrico líquido	
6. Cajón cubrebornas	
7. Ganchos y soporte para autoválvulas (aplicación para poste hasta 160 kVA).	

## Otros líquidos dieléctricos

- Transformadores ORGANIC:  
Ester natural biodegradable para aplicación en transformadores eléctricos, Clase K con punto de combustión superior a 300 °C.
- Silicona líquida dieléctrica según norma IEC 60836, Clase K con punto de combustión superior a 300 °C.
- Ester sintético biodegradable para aplicación en transformadores eléctricos según norma IEC 61099 Clase K, con punto de combustión superior a 300 °C.



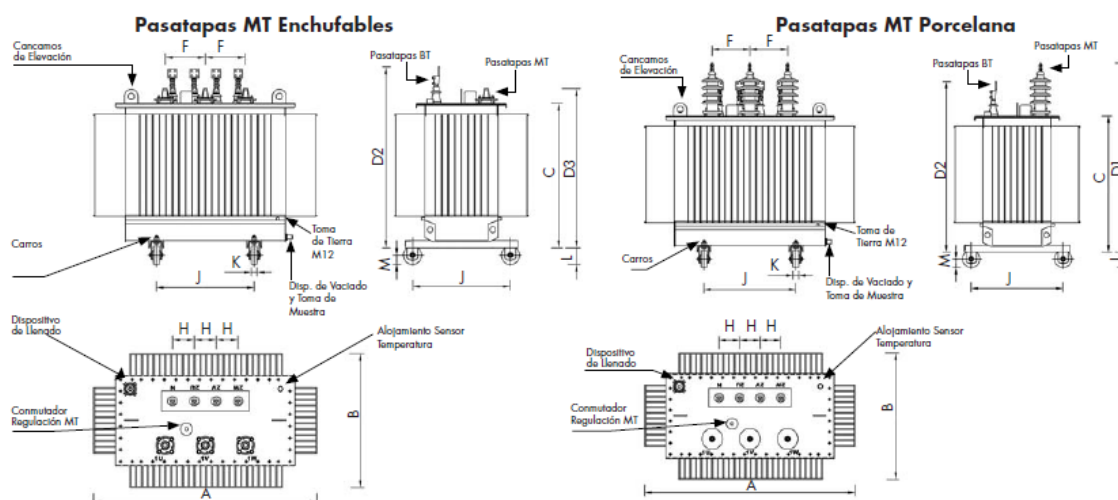
### 7.3. Tipos de Transformadores: características eléctricas.

## Tipos de transformadores

### Características 24 kV: D<sub>0</sub> C<sub>K</sub> (AB')

Desde 250 hasta 2500 kVA • Nivel de Aislamiento 24 kV

Transformadores Sumergidos en Dieléctrico Líquido



Características eléctricas		24 kV: D <sub>0</sub> C <sub>K</sub> (AB')									
Potencia asignada [kVA]		250	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
Tensión asignada (Ur)	Primaria [kV]	20									
	Secundaria en vacío [V]	420									
Grupo de Conexión		Dyn11									
Pérdidas en Vacío - P <sub>0</sub> [W]	Lista D <sub>0</sub>	530	750	880	1030	1150	1400	1750	2200	2700	3200
Pérdidas en Carga - P <sub>k</sub> [W]	Lista C <sub>k</sub>	3250	4600	5500	6500	8400	10500	13500	17000	21000	26500
Impedancia de Cortocircuito (%) a 75°C		4	4	4	4	6	6	6	6	6	6
Nivel de Potencia Acústica L <sub>WA</sub> [dB]	Lista D <sub>0</sub>	60	63	64	65	66	68	69	71	73	76
Caída de tensión a plena carga (%)	cos φ = 1	1.37	1.22	1.16	1.11	1.19	1.22	1.25	1.24	1.22	1.23
	cos φ = 0.8	3.33	3.25	3.21	3.17	4.44	4.47	4.49	4.48	4.47	4.47
Rendimiento (%)	CARGA 100%	98.51	98.68	98.75	98.82	98.86	98.82	98.79	98.81	98.83	98.83
	cos φ = 0.8	98.15	98.36	98.44	98.53	98.58	98.53	98.50	98.52	98.54	98.54
	CARGA 75%	98.76	98.90	98.96	99.02	99.06	99.04	99.01	99.03	99.04	99.04
	cos φ = 0.8	98.45	98.63	98.70	98.78	98.83	98.80	98.77	98.79	98.81	98.81
Dimensiones [mm]		250	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
Potencia asignada [kVA]		250	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
A (Largo)		1376	1537	1622	1622	1932	1997	2007	1922	1965	2093
B (Ancho)		930	941	962	962	1161	1200	1200	1224	1277	1487
C (Alto a tapa)		915	1004	1026	1092	1112	1158	1230	1517	1715	1737
D1 (Alto a MT con Porcelana MT)		1300	1389	1411	1477	1497	1543	1615	1902	2100	2122
D3 (Alto a MT Borna enchufable MT)		1004	1093	1115	1181	1201	1247	1319	1606	1804	1826
D2 (Alto a BT con Palas)		1149	1238	1287	1353	1445	1491	1563	1886	2084	2167
F (separación MT)		275	275	275	275	275	275	275	275	275	275
H (separación entre BT)		150	150	150	150	150	150	150	200	200	200
J (Distancia entre ruedas)		670	670	670	670	670	670	820	820	820	1070
K (ancho rueda)		40	40	40	40	40	40	70	70	70	70
Ø (diámetro rueda)		125	125	125	125	125	125	200	200	200	200
L (Rueda)		110	110	110	110	110	110	165	165	165	165
Volumen Aceite [Litros]		260	330	390	410	510	530	540	1000	1200	1400
Peso total [Kg]		1010	1330	1600	1750	2250	2430	2750	3850	4750	5350





## Cuadros de Baja Tensión



## 8. CUADROS DE BAJA TENSIÓN.

### 8.1. Características técnicas y físicas de los Cuadros de Baja Tensión.

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Elevada seguridad (IP2X en todo el cuadro).
- Calidad de Servicio.
- Fiabilidad.
- Compartimentación de las diferentes unidades funcionales.
- Anclaje mecánico de las bases a la placa soporte aislante.
- Materiales autoextinguibles.
- Facilidad de maniobra.

#### VENTAJAS SOBRE EL CBT UNESA

- Refuerzo del aislamiento (ausencia partes metálicas accesibles).
- Mejora del grado IP: se impide el acceso a partes

activas.

- Mayor **seguridad** en las maniobras de instalación y/o sustitución de bases.
- Eliminación del riesgo de **arco interno**.
- Facilidad de **conexión de Grupo Electrógeno**.
- Gran sencillez en el seccionamiento y aislamiento entre transformador y CBT.
- Facilidad para la ampliación del número de salidas BT.
- Disminución del espacio ocupado.
- Limitación de fallos y sus daños asociados.

#### NORMATIVA APLICADA

- UNE EN 60439-1
- UNE EN 60947-3
- Ensayos Adicionales
  - Análisis de comportamiento ante el fuego.
  - Análisis frente a arco interno, según UNE 201001.

#### CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

##### UNIDADES FUNCIONALES

- Placa soporte compartimentada, de material aislante y autoextinguible.
- Unidad seccionadora con unidad de acometida principal y auxiliar (o de socorro) integradas.
  - Funciones principales:
    - Acometida + Seccionamiento + Alimentación a embarrado de distribución.
  - Funciones adicionales:
    - Control y medida + Acometida auxiliar (o de socorro).
  - Seccionador:
    - Constituido por 4 unidades unipolares acoplables entre sí (vertical u horizontalmente).
    - Maniobra unipolar manual (categoría de empleo AC20B).
    - Accionamiento mediante herramienta específica.
- Compatibilidad con BTVC (185 mm entre ejes).
- Integración de transformadores de intensidad.
- Unidad de protección constituida por bases tripolares verticales cerradas.
- Unidad de control y medida.
- Bastidor de anclaje (suelo o pared).
- Soporte para cables de salida de las líneas de distribución de BT.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Tensión asignada	440 V
Intensidad asignada	1600 A
Tensión soportada a frecuencia industrial	2,5 kV (partes activas) 10 kV (partes activas - masa)
Tensión soportada a impulso tipo rayo	20 kV
Intensidad de cortocircuito	25kA / 1s
Grado de protección	IP 2X, IK 08

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

CBTO-C (Ancho x Alto x Fondo) [mm]	1000 x 1500 x 300
CBTO-K (Ancho x Alto x Fondo) [mm]	600 x 1100 x 300